Riscos Geoambientais Relacionados a Episódios Pluviais Intensos

RECOMENDAÇÕES

Para a visualização das publicações, recomenda-se a instalação de Adobe Reader, escolha abaixo a versão adequada ao seu sistema operacional:
Windows XP - Windows Me - Windows 2000 - Windos 98

Resumos podem ser acessados pelo link **Eixos temáticos** no menu;
Trabalhos completos podem ser acessados com um **clique sobre o resumo** do trabalho de interesse.

Fotos do evento, atualizações e demais informações estarão disponibilizadas no site do Grupo de Estudos de Desastres Naturais por tempo indeterminado, se seu computador estiver conectado à internet clique aqui.

I SIBRADEN
Centro de Cultura e Eventos
Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis / SC

Florianópolis - Santa Catarina - 2004

REALIZAÇÃO

Grupo de Estudos de Desastres Naturais - GEDN
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

APOIOS

PATROCÍNIOS

COMISSÃO ORGANIZADORA

Coordenadora: Maria Lúcia de Paula Herrmann
Vice-coordenador: Masato Kobiyama

1. COMISSÃO DE SECRETARIA
Primeiro secretário: Edson F. Gonçalves
Segundo secretário: Roberto Valmir da Silva

2. COMISSÃO DE TESOURARIA
Tesoureiros: Maria Lúcia de Paula Herrmann e Masato Kobyiama
Vice-tesoureiro: Frederico de Moraes Rudorff

3. COMISSÃO DE APOIO FINANCEIRO
Silvia Saito, Tatiane Checchia e Norberto Horn Filho

4. COMISSÃO DE INFRA-ESTRUTURA
Ângela Brando, Gisele Viginatto e Vinícius Reginato

5. COMISSÃO DE COMUNICAÇÃO
Eduardo Soares Macedo, Roberto Fabris Goerl e Paulo Schröder

6. COMISSÃO DE LOGÍSTICA E ATIVIDADES CULTURAIS:
Letícia L. Penteado Brazetti, Davis A. Moreno e Tatiane Checchia

7. COMISSÃO DE CREDENCIAMENTO E CERTIFICADOS
Isabela P.V.de O. Marcelino, Gustavo F. Molleri

8- COMISSÃO DE ELABORAÇÃO DOS ANAIS
Emerson Vieira Marcelino e Roberto Valmir da Silva.

COMISSÃO CIENTÍFICA

Eixo temático 1
Hidrologia de Encosta e Deslizamento:
1. Prof Dr Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira - GCN/UFSC;
2. Profª Dra Edna Lindaura Luiz - UNESC;
3. Prof. Dr Júlio Paisani - UNIOESTE;

Eixo temático 2
Cartografia de Riscos Geoambientais:
1. Profª Dr Joel Pellerin - GCN/UFSC;
2. Prof Dr Edson Tomazzoli UFSC;
3. Profª Dra Regina Davison Dias - ECV/UFSC, UNISUL;

Eixo temático 3
Sistemas Para Prevenção e ou Contenção de encostas e Enchentes:
1. Prof Dr Masato Kobiyama UFSC;
2. Profª Dra Gerusa Maria Duarte GCN / UFSC;
3. Profª Dra Sandra Maria de Arruda Furtado - GCN/UFSC;

Eixo Temático 4
Monitoramento Climático e Previsão Meteorológica:
1. Profª Dra Magaly Mendonça GCN/UFSC;
2. Prof. Dr Reinaldo Hass ENS/UFSC;
3. Prof. Dr Hélio Santos Silva/FURB;

Eixo Temático 5
Políticas e Atuações dos Órgãos Públicos Ligados às Áreas de Riscos:
1. Prof. Dr Luiz Fernando Scheibe - GCN / UFSC;
2. Dr Fernando Nogueira-Pref. Municipal de São Paulo;
3. Profª Dra Beate Frank - FURB.

APRESENTAÇÃO

Os episódios pluviais intensos têm ocasionado inúmeros desastres naturais, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, afetando sobremaneira as áreas urbanas e peri-urbanas, onde a interferência humana acentua os efeitos danosos, resultando em grandes impactos geoambientais. Dentre estes destacam-se o elevado número de desabrigados e mortes, as doenças (leptospirose, traumas psicológicos, etc.), as perdas de bens materiais, os assoreamentos e os solapamentos dos rios, as quedas de pontes, os bloqueios de estradas, entre outros.

No Brasil, cresce a cada ano o número de registros de desastres naturais, relacionados a enchentes e deslizamentos, em virtude do aumento da população nas áreas urbanas e do descaso do poder público. Estes registros vêm demonstrar que é necessário unir esforços técnicos e científicos, na busca de medidas preventivas e mitigadoras para minimizar os efeitos adversos das chuvas.

Neste contexto, o **Simpósio Brasileiro de Desastre Naturais – SIBRADEN**, a ser realizado na Universidade Federal de Santa Catarina, pretende, através de 5 eixos temáticos propostos, reunir pesquisadores, com o objetivo de conhecer os trabalhos desenvolvidos nessa área de conhecimento, a fim de encontrar soluções técnicas e participativas que possibilitem incrementar ações públicas para a prevenção e o controle dos desastres naturais (enchentes e deslizamentos). Além disso, enfocando o temário "Riscos Geoambientais Relacionados a Episódios Pluviais Intensos", esperamos que a presente iniciativa venha a ter continuidade nas demais regiões do Brasil, com novos enfoques, para que possamos ampliar os nossos debates acerca dos desastres naturais que conclamam por medidas de reduções urgentes.

EIXOS TEMÁTICOS

ET1 – Hidrologia de encostas e deslizamentos

Movimentos de massa em encostas ocorrem devido à força gravitacional, porém alguns fatores também contribuem para desequilibrar o jogo de forças que mantém a estabilidade dos materiais nas encostas, tais como a dinâmica da água, os terremotos, e ações antrópicas. No Brasil, as chuvas intensas são os principais desencadeadores de muitos episódios de deslizamentos e corridas de terra em diferentes regiões do país. Desta forma, nesse eixo temático, será discutida a relação entre a hidrologia da encosta e diferentes tipos de movimentos de massa, enfatizando os aspectos físicos dos mecanismos de ruptura com influência da água e o comportamento mecânico dos materiais.

ET2 – Cartografia de riscos geoambientais

Nos últimos anos, com o avanço da informática, aumentou consideravelmente o número de métodos empregados para a cartografia de riscos geoambentais. Assim, este eixo temático foi proposto com o objetivo de discutir tais métodos e sua relação com as diversas escalas de trabalho. Além disso, será debatido o uso de técnicas de Sensoriamento Remoto e de Sistemas de Informação Geográfica para a delimitação, o monitoramento e a previsão de áreas de risco a enchentes e deslizamentos.

ET3 – Sistemas para prevenção e/ou contenção de encostas e enchentes

Neste eixo serão discutidas medidas estruturais e não estruturais para a prevenção e a contenção de encostas e enchentes. Entende-se como medidas estruturais as obras de engenharia que atuam diretamente sobre a bacia (extensivas) ou atuam sobre o rio (intensivas). Medidas não-estruturais são feitas basicamente (1) através da regulamentação do uso da terra (zoneamento de áreas de riscos) no início de ocupação do solo, e (2) através de sistemas de previsão e alerta nas áreas com histórico em desastres naturais já ocupadas. Auxiliando ambas as medidas, incluem-se o monitoramento de fenômenos e variáveis hidrossedimentológicas e a utilização de modelos numéricos que simulam situações críticas.

ET4 – Monitoramento climático e previsão meteorológica

Os desastres naturais no território brasileiro são freqüentemente desencadeados pelos sistemas atmosféricos. Neste contexto enquadram-se fenômenos tais como enchentes, deslizamentos, granizos, vendavais e tornados. Os mais catastróficos ocorrem em áreas densamente ocupadas e impermeabilizadas, às margens de rios e vertentes, causando prejuízos sócio-econômicos às comunidades atingidas. Entender os mecanismos atmosféricos, em escala regional e global, que desencadeiam estes fenômenos extremos é de grande importância para a realização de medidas preventivas adequadas que minimizem os prejuízos causados pelos mesmos. Desta forma, este eixo temático tem como objetivo discutir os tipos de tempo que desencadeiam fenômenos atmosféricos extremos e também os sistemas de monitoramento (técnicas e procedimentos), previsão de tempo e alertas meteorológicos.

ET5 – Políticas e atuações dos órgãos públicos ligados às áreas de riscos

O processo de urbanização no Brasil tem gerado assentamentos habitacionais em áreas susceptíveis a riscos naturais, tanto nas planícies aluviais como em encostas declivosas, sujeitas às enchentes e deslizamentos, respectivamente. Estes fatos requerem ações de políticas públicas efetivas, com o intuito de evitar perdas humanas e econômicas. Assim, pretende-se discutir neste eixo a atuação dos órgãos públicos no tocante ao processo de ocupação em áreas de riscos naturais, com os dirigentes e técnicos municipais e os membros das comunidades afetadas por desastres naturais.

Eixo Temático 1

HIDROLOGIA DE ENCOSTAS E DESLIZAMENTOS

IMPACTOS AMBIENTAIS E AVALIAÇÃO DOS RISCOS NA EXPLORAÇÃO DE AMETISTA NA REGIÃO DO ALTO URUGUAI – RS

José Eduardo Winter (UFRGS); Márcia Boscato Gomes (UFRGS); Roberto Verdum (UFRGS).

RESUMO: A região do Alto Uruguai é conhecida pela produção de ametista, que constitui um dos principais recursos minerais do Rio Grande do Sul. Nesta região, um pacote de aproximadamente 358 m de espessura é formado pelo empilhamento de 12 derrames basálticos com geometria aproximadamente tabular que se estendem horizontalmente por toda a área e constituem a Formação Serra Geral da Bacia do Paraná. A mineralização ocorre na forma de geodos que são explorados em garimpos subterrâneos na região de Ametista do Sul – Planalto e a céu aberto através de trincheiras na região do Distrito de Getúlio Vargas. Na região de Ametista do Sul – Planalto o principal bem mineral explorado é a ametista, ocorrendo secundariamente calcita e selenita. O mineral principal na região d distrito de Getúlio Vargas é a calcita. As feições de relevo encontradas na área abrangem compartimentos de topo, que apresentam relevos tabulares, colinas e vales, onde ocorrem processos de dissecação do relevo. Nas encostas onde há os traps e colinas, onde ocorrem movimentos de massa rotacionais, ravinas, fluxos de detritos e rastejo. Nos vales, onde aparecem colinas, terraços aluviais e planícies aluviais há assoreamento de nascentes e fundos de vales.
Palavras-chave: ametista, impacto ambiental, Alto Uruguai, movimentos de massa e geomorfologia.

A OCORRÊNCIA DE SOLOS COLAPSÍVEIS NO BAIRRO IMACULADA, EM TAUBATÉ, SP: UM ESTUDO DE CASO

Hélio Nóbile Diniz (Instituto Geológico da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo); Jair Santoro (Instituto Geológico da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo).

RESUMO: No final de 1999 e início do ano 2000, fortes chuvas atingiram o Vale do Paraíba e, em decorrência, houve refluxo de água nas redes de esgoto que apresentaram rompimentos em algumas ruas do Município de Taubaté. Como conseqüência, surgiram trincas nas residências situadas ao longo dos primeiros 250 m das ruas Salvador Faria Albernaz, Condessa Vimieiro e Bento Soares da Mota, que estão localizadas em uma encosta do Bairro Imaculada. No local ocorrem paleo-solos, colapsíveis, intensamente lixiviados, lateríticos, areno-argilosos, cuja fração arenosa é constituída por quartzo e, cuja fração argilosa é constituída, predominantemente, por gibsita ferruginosa. Para o entendimento do problema e adequação de medidas mitigadoras, foram necessários estudos específicos detalhados. As características geológico-geotécnicas dos solos foram obtidas através de sondagens SPT. Foram retiradas amostras deformadas e indeformadas de poços de inspeção para a realização de ensaios geomecânicos dos solos e de caracterização dos indíces físicos (limites de liquidez e plasticidade, massa específica dos grãos, granulometria, umidade natural e colapsividade). A partir dos dados obtidos foi estabelecido um modelo de recalque dos solos e adotadas medidas mitigadoras do problema, como a substituição das tubulações de esgoto rompidas.
Palavras-chave: colapsividade, risco-geológico, geotecnia, adensamento.

CHUVAS E ESCORREGAMENTOS DE TALUDES EM BELO HORIZONTE, MG

Maria Giovana Parizzi (UFMG); Frederico Garcia Sobreira (UFOP); Terezinha Cássia de Brito Galvão (UFMG); Marcos Antônio Timbó Elmiro (UFMG).

RESUMO: O presente trabalho discute o efeito das águas pluviais no desencadeamento de variados tipos de escorregamentos que ocorrem na cidade de Belo Horizonte. Foram investigados dois taludes, com diferentes características físicas, aonde sucessivos escorregamentos vêm causando, a cada ano, inúmeros problemas sócio-econômicos. Os taludes analisados foram denominados Taquaril e Engenho Nogueira. Os taludes foram monitorados durante dois períodos chuvosos consecutivos, sendo possível observar que as águas de chuvas causam diferentes mecanismos de ruptura nestas três localidades. No talude Taquaril ocorrem escorregamentos rotacionais rasos nos depósitos de vertentes quando os índices pluviométricos acumulados durante 4 dias alcançam valores maiores ou iguais a 100mm. Rupturas nos maciços rochosos, somente ocorrem quando as descontinuidades estão preenchidas por água e o grau de alteração do maciço for alto. O talude Engenho Nogueira localiza-se em área caracterizada por solos residuais de gnaisse, altamente susceptíveis a erosão e escorregamentos subseqüentes. No talude os escorregamentos acentuam as declividades das feições erosivas que evoluem em direção ao topo. Durante chuvas intensas, mas de curta duração, as rupturas são do tipo planar influenciadas pela presença de estruturas reliquiares da rocha de origem.Taxas de precipitação acumuladas em 3 dias acima de 100mm já induzem escorregamentos circulares de maiores dimensões, responsáveis por grande mudança na geometria do talude e agravamento da situação de risco.
Palavras-chave: chuvas, escorregamentos, taludes, área urbana.

ZONEAMENTO DE RISCO DE ESCORREGAMENTO DAS ENCOSTAS OCUPADAS POR VILAS OPERÁRIAS COMO SUBSÍDIO À ELABORAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO DA ESTÂNCIA CLIMÁTICA DE CAMPOS DO JORDÃO - SP

Agostinho Tadashi Ogura (IPT); Fabiana Checchinato Silva (IPT); Augusto Jackie do Nascimento Lopes Vieira (Fundação Alphaville).

RESUMO: Este artigo apresenta aspectos metodológicos referentes aos trabalhos de mapeamento de risco realizados em Campos do Jordão, município do Estado de São Paulo. O estudo realizado teve como ponto de partida o reconhecimento dos processos ocorridos nas encostas das áreas urbanas municipais. São apresentados e descritos parâmetros geomorfológicos, geológico-geotécnicos e de intervenções antrópicas utilizados para a determinação do grau de risco de setores de encosta nas chamadas vilas operárias. É apresentada também a proposta de um plano municipal de atuação nas áreas de risco de escorregamentos.
Palavras-chave: escorregamentos, áreas de risco, mapeamento de risco, Campos do Jordão.

MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO DE ESCORREGAMENTOS E SOLAPAMENTO DE MARGENS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO – SP: O EXEMPLO DA FAVELA SERRA PELADA, SUBPREFEITURA BUTANTÃ

Eduardo Soares de Macedo (IPT); Kátia Canil (IPT); Marcelo Fischer Gramani (IPT); Gerson Salviano Almeida Filho (IPT); Nestor Kenji Yoshikawa (IPT); Fabrício Araújo Mirandola (IPT); Bianca Carvalho Vieira (UNESP); Lílian Maria Amstalden Baida; Oswaldo Augusto Filho (USP).

RESUMO: O presente artigo relata os resultados obtidos por meio do mapeamento de áreas de risco sujeitas a escorregamentos e solapamento de margens em assentamentos precários e loteamentos irregulares do município de São Paulo, com vistas à implementação de uma política pública de gerenciamento de riscos para essas áreas. Esses estudos foram solicitados pela Secretaria Municipal de Subprefeituras da cidade de São Paulo e contemplaram o mapeamento de risco em 205 favelas e loteamentos irregulares em 20 Subprefeituras, das quais o IPT mapeou 96 áreas em 6 Subprefeituras. A metodologia adotada foi elaborada pelas equipes da Prefeitura Municipal de São Paulo, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT e da Universidade Estadual Paulista - UNESP, a partir da experiência dos profissionais envolvidos. Os trabalhos estão fundamentados na realização de investigações geológico-geotécnicas expeditas, análise da probabilidade de ocorrência dos processos relacionados à dinâmica externa, identificação dos setores de risco, análise de possíveis conseqüências dos processos e a indicação de medidas de intervenção adequadas para os diferentes casos. O artigo mostra um exemplo de diagnóstico de áreas de risco da Favela Serra Pelada, subprefeitura do Butantã.
Palavras-chaves: escorregamentos, solapamentos de margens, assentamentos precários, riscos geológicos, mapeamento.

ESTUDO DA DINÂMICA EVOLUTIVA DA BOÇOROCA SÃO DIMAS NO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO, SP

Gerson Salviano Almeida Filho (IPT); Jair Santoro (IG - Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo); Luis Antônio Gomes (IPT).

RESUMO: O processo de ocupação através da ação não-planejada, quando conduzido de forma agressiva provoca degradação ambiental, no qual, o homem é o principal agente. A erosão urbana é um dos mais sérios problemas ambientais que o homem vem enfrentando na atualidade, principalmente pelo aumento constante e progressivo das áreas atingidas, quer pela deficiência dos sistemas de drenagem ou pela suscetibilidade natural dos terrenos ao desenvolvimento desses processos. No município de São Pedro, ao longo dos últimos 40 anos, desencadeou-se um processo erosivo de grande porte (boçoroca) na área urbana, que vem colocando em risco a população que ocupa os seus entornos.
Palavras-chave: erosão, boçoroca, prevenção, controle de erosão, erosão urbana.

RISCOS GEOLÓGICOS NA CIDADE HISTÓRICA DE OURO PRETO

Antônio Luiz Pinheiro (DEGEO/UFOP); Frederico Garcia Sobreira (DEGEO/UFOP); Milene Sabino Lana (DEMIN/UFOP).

RESUMO: A cidade de Ouro Preto desenvolveu-se a partir da descoberta de abundantes depósitos de ouro aluvionar no final do século XVII. O início da ocupação da cidade aconteceu nas áreas mais estáveis e planas, como o topo das colinas e platôs de meia encosta, cume dos morros e vales mais largos. Nas décadas de 50 e 60 tem início um grande crescimento populacional e o núcleo urbano principal, praticamente inalterado desde fins do século XVIII, sofreram um processo de expansão. No entanto, as condições geomorfológicas da cidade de Ouro Preto, aliado às condições geológicas complexas, propiciam à cidade graves problemas de estabilidade geotécnica, agravados pelo clima chuvoso e a ação antrópica humana, principalmente a ocupação urbana desordenada. Como conseqüência, são freqüentes situações de risco geológico e acidentes mais graves, causando grandes prejuízos à população e ao poder público, e, não raro, mortes. Neste artigo é discutido o problema da ocupação desordenada em um espaço físico incompatível na cidade. É feito um breve relato dos acidentes mais significativos, assim como os trabalhos realizados após os mesmos. A despeito dos vários planos e propostas elaborados no sentido de mitigar os problemas, ainda não houve uma ação efetiva do poder público local, o que faz com que os riscos geológicos relacionados a movimentos em encostas sejam uma constante na cidade.
Palavras-chave: Ouro Preto, risco geológico, movimentos de massa, uso do solo.

MAPEAMENTO DE RISCO DE DESLIZAMENTOS E ENCHENTES DA BACIA DO RIO VADIK: ASPECTOS FÍSICOS E DE OCUPAÇÃO URBANA

Diogo Barnetche (UFSC); Simone Daniella Moretti (UFSC).

RESUMO: Este documento apresenta os resultados obtidos em análise relacional entre os aspectos físicos e de ocupação urbana na Bacia do Rio Vadik, porção Centro Norte da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis-SC. Esta área corresponde aos limites político-administrativos do Bairro Monte Verde, e da parcela Norte do Bairro João Paulo. Como aspectos físicos contemplados na análise figuram a geomorfologia, os graus de declividade e a forma das encostas. Estes aspectos são relacionados com o processo de ocupação urbana, verificado a partir de mapeamento pré-existente, referente ao período de 1979-1996, e da atualização elaborada a partir de aerofotos datadas de 2000. Com a atualização mencionada observaram-se as taxas de evolução de área urbana ocupada. A dinâmica da evolução da ocupação urbana é representada no Mapa Planialtimétrico e de Evolução Urbana da Bacia do Rio Vadik. Considerando mapeamento de susceptibilidade existente para a área, foram incluídos os dados verificados no crescimento espacial da ocupação urbana, foi elaborado o Mapa de Susceptibilidade a Deslizamentos e Enchentes da Bacia do Rio Vadik, atualizando-o à realidade observada em 2000. Verificou-se o agravamento dos riscos de deslizamentos e enchentes, que podem culminar em prejuízos econômicos e sociais, reflexos da ocupação de áreas inadequadas.
Palavras-chave: riscos naturais, mapeamento de riscos, deslizamentos, enchentes.

MAPEAMENTO DE ÁREA DE PERIGO COM CONSIDERAÇÃO DO ALCANCE DA MASSA DESLIZADA: ESTUDO DE CASO

Masato Kobiyama (UFSC); Roberto Valmir da Silva (UFSC); Tatiane Checchia (UFSC); Alexandre Alves (UFSC).

RESUMO: O movimento de massa é considerado um fenômeno natural e o principal formador da superfície terrestre. Além disso, há mais prejuízos sócio-econômicos e ambientais nas áreas de deposição do que nas áreas de ocorrência. Desta forma, as áreas de perigo não devem conter apenas as áreas de ocorrência, mas também as áreas de deposição. Para tanto, os processos de iniciação, transporte e deposição devem ser estudados. Este trabalho apresentou um método topográfico modificado para estimativa da distância de alcance máxima alcançada pela massa deslizada. Esta técnica poderá melhorar a elaboração de mapas de áreas de perigo para deslizamentos. Este método foi aplicado a uma região com potencialidade em deslizamentos, no município de Florianópolis - SC. Duas áreas do local de estudo foram analisadas e as áreas de ocorrência de deslizamento e deposição foram levantadas.
Palavras-chave: deslizamento, distância de alcance, mapa de perigo.

MAPEAMENTO DE EROSÃO POTENCIAL DE ENCOSTAS POR MEIO DE DELINEAMENTO AUTOMÁTICO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Roberto Valmir da Silva (UFSC); Masato Kobiyama (UFSC).

RESUMO: A produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica ocorre através do impacto das gotas de chuva sobre o solo, do escoamento superficial em encostas, escoamento em canais efêmeros e o escoamento no próprio canal do rio. O escoamento superficial em encostas é o fenômeno responsável pela erosão laminar. A erosão potencial ou a taxa de transporte de sedimento por escoamento superficial pode ser estimada através dos parâmetros de declividade, intensidade da chuva e vazão do escoamento. Com o delineamento automático da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica, utilizando o modelo WADI, a área acumulada de contribuição para cada ponto da malha triangular foi gerada. O método foi aplicado à bacia do Rio Caeté (163,76 km^2), localizada na região de cabeceira do Rio Itajaí do Sul, município de Alfredo Wagner, Santa Catarina, sul do Brasil. Os dados de declividade e área acumulada foram padronizados e somados. O resultado foi divido em três classes (alta, média e baixa) da erosão potencial estimada. O mapeamento da bacia totalizou 14% da área total como alta, 52% como média e 34% como área de baixa erosão potencial.

Palavras-chave: erosão potencial, escoamento superficial, delineação automática, WADI.

ERODIBILIDADE DOS SOLOS RESIDUAIS DE GRANITO DO MUNICÍPIO DE TUBARÃO

Rafael Reis Higashi (UFSC); Regina Davison Dias (UFSC).

RESUMO: O município de Tubarão, situado no estado de Santa Catarina, está localizado em áreas de cotas baixas, cercado por elevações graníticas pouco desenvolvidas e é predominantemente constituído por solos do tipo Glei e Orgânico. O centro urbano da cidade é atravessado pelo rio Tubarão, que atualmente vem sofrendo graves problemas relacionados ao assoreamento de seu leito, o que poderia ocasionar a inundação da cidade devido ao extravasamento de seu curso d'água. Este trabalho visa a avaliação da erodibilidade dos solos residuais de granito dos arredores e centro da mancha urbana, ensaiando o horizonte C dos solos pertencentes a bacia do rio Tubarão. O trabalho fundamenta-se em um Critério de Erodibilidade, onde os ensaios de Infiltrabilidade e Perda de Massa por Imersão possibilitaram a geração de resultados que indicam a propensão dos solos à erosão.

Palavras-chave: erodibilidade, perda de massa por imersão, infiltrabilidade.

ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS DE ESCORREGAMENTOS NO ESTADO DE SANTA CATARINA COM BASE NOS FORMULÁRIOS DE AVALIAÇÃO DE DANOS DA DEFESA CIVIL – 1980 A 2003

Maria Lúcia de Paula Herrmann (UFSC); Joël R. G. M. Pellerin (UFSC); Silvia Midori Saito (UFSC).

RESUMO: O presente trabalho refere-se a análise das ocorrências de escorregamentos no Estado de Santa Catarina mediante o levantamento dos eventos registrados nos formulários de Avaliação de Danos (AVADAN) da Defesa Civil no Estado de Santa Catarina no período de 1980 a 2003. Os municípios que apresentaram maiores registros de escorregamentos foram os localizados na unidade geomorfologica Serras do Leste Catarinense, destacando-se Blumenau, Florianópolis e São José. Ao longo dos últimos 24 anos foi computado um total de 140 ocorrências, afetando 87 municípios; considerando que esse número não representa a realidade observada, foi necessário, a título de teste, coletar maiores informações através de outras fontes, especialmente os artigos de jornais referentes aos episódios pluviais intensos. Esse procedimento confirmou que o número de ocorrências de escorregamentos em Santa Catarina é superior ao que foi apresentado nos AVADAN.
Palavras-chave: escorregamentos, formulário de Avaliação de Danos (AVADAN).

DELIMITAÇÃO ESPACIAL DE DIFERENTES PROCESSOS EROSIVOS NA BACIA DO RIO PEQUENO, SÃO JOSÉ DOS PINHAIS – PR

Irani dos Santos (UFPR); Masato Kobiyama (UFSC).

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo aplicar o modelo geomorfológico UMBRAL para delimitar quatro tipos de processos erosivos (erosão difusa; por lixiviação; linear; e por deslizamento) da bacia hidrográfica do rio Pequeno, no município de São José dos Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. O modelo UMBRAL pressupõe que a evolução do relevo está intimamente ligada à dinâmica da água na bacia, sendo que a determinação de onde e quando acontecem os diferentes processos erosivos depende das propriedades hidráulicas e mecânicas do solo, das características do relevo e dos processos hidrológicos. As propriedades hidráulicas do solo foram determinadas através da simulação do TOPMODEL e as propriedades mecânicas por ensaios geotécnicos de cisalhamento direto. Assim, através de expressões simples foi possível combinar estas características da paisagem e delimitar espacialmente onde ocorrem os diferentes processos erosivos. O mapa de processos erosivos, obtido com o UMBRAL, foi analisado frente ao mapa de uso do solo. O UMBRAL permitiu a delimitação dos processos erosivos atuantes na bacia e apresentou resultados bastante coerentes com as características ambientais.
Palavras-chave: UMBRAL, erosão, encosta, dinâmico da água.

APLICAÇÃO DO TOPMODEL PARA ZONEAMENTO HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO PEQUENO, SÃO JOSÉ DOS PINHAIS - PR

Irani dos Santos (UFPR); Masato Kobiyama (UFSC).

RESUMO: O presente trabalho mostra a aplicação do TOPMODEL para zoneamento hidrológico da bacia hidrográfica (área de 104 km²) do rio Pequeno, no município de São José dos Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. O modelo hidrológico TOPMODEL pressupõe que a dinâmica da água é influenciada pelas características do solo e do relevo de toda a bacia contribuinte, fornecendo como resultado, além da vazão do rio, a distribuição espacial da umidade no sistema (zonas saturadas e áreas secas) ao longo do tempo. Os mapas de áreas saturadas foram analisados frente ao uso do solo e às áreas de preservação permanente de mata ciliar. O TOPMODEL apresentou boa aderência entre as vazões observadas e calculadas, confirmando sua eficiência em regiões de clima úmido e relevo suave. Os resultados da simulação mostram grande potencial de aplicabilidade no planejamento ambiental, pois permitem discutir e orientar as ações antrópicas sobre o meio físico com base no entendimento dos processos naturais.
Palavras-chave: TOPMODEL, zona saturada, Rio Pequeno.

Eixo Temático 2

CARTOGRAFIA DE RISCOS GEOAMBIENTAIS

A CARTOGRAFIA DIGITAL COMO SUBSÍDIO NA ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DO MORRO DOS SARGENTOS – JOINVILLE/SC.

Celso Voos Vieira (Universidade da Região de Joinville); Fabiano Antonio de Oliveira (Universidade da Região de Joinville).

RESUMO: O presente trabalho faz parte de um projeto de Iniciação Científica desenvolvido junto ao Departamento de Geografia da Universidade da Região de Joinville e tem como objetivo principal apresentar as etapas de confecção de produtos cartográficos básicos para um estudo de natureza geomorfológica no Morro dos Sargentos, Joinville/SC. Para a elaboração dos produtos cartográficos foi utilizada base digital em escala 1: 2.000, o que permitiu uma boa descrição da morfologia da área estudada. Após o trabalho de edição gráfica, que consistiu na edição das isolinhas e de seus valores altimétricos, a base foi exportada para ambiente SIG, o que possibilitou a geração de outras cartas, entre elas: carta hipsométrica, carta de declividade, carta de orientação de vertentes e um Modelo Digital do Terreno. Através da utilização da cartografia digital ficou constatada a eficácia das ferramentas de SIG e dos produtos cartográficos gerados como subsídio nas análises dos processos morfogenéticos instalados no Morro dos Sargentos.
Palavras-chaves: cartografia digital, geomorfologia, morro dos sargentos.

UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DO RISCO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITACORUBI – FLORIANÓPOLIS /SC.

Francisco Henrique de Oliveira (FAED/UDESC); Juliana Ferreira Pinto (FAED/UDESC); Guilherme Clasen Wosny (FAED/UDESC); Mariane Alves Dal Santo (FAED/UDESC).

RESUMO: O projeto apresentado utiliza imagem de satélite de alta resolução para atualizar informações e caracterizar dados espaciais visando o planejamento e a gestão do ordenamento e ocupação do território urbano. Além disso, possibilita quantificar os impactos causados pelo homem no meio físico, principalmente em regiões propícias à inundações e deslizamentos, como é o caso da Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi – Florianópolis - SC. Desta maneira, o Laboratório de Geoprocessamento do Curso de Geografia da UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina, utilizando imagem do sensor Quickbird com resolução espacial de 60cm, está dissecando especialmente o uso de técnicas de interpretação e processamento de produtos digitais. Dessa forma, a utilização dos produtos derivados da imagem satelitária associada a base cartográfica permite em um Sistema de Informação Geográfica obter mapas temáticos de interesse ao planejamento urbano. Sendo assim, através dos resultados gerados define-se um prognóstico da ocupação espacial com vista à gestão ambiental, permitindo avaliações espacializadas das zonas eventualmente inundáveis compreendidas na Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi.
Palavras-chave: sistema de informação geográfica, meio ambiente, sensoriamento remoto, zonas inundavéis.

RISCOS GEOLÓGICOS: A EXPERIÊNCIA DE CAMPO COM ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS

Heraldo Cavalheiro Navajas Sampaio Campos (USP).

RESUMO: Este trabalho apresenta os resultados obtidos em áreas em situação de risco geológico de três estados brasileiros: São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Os resultados obtidos são parte dos trabalhos de campo feitos pelos alunos de graduação dos cursos de Engenharia Civil, Geologia e Produção Civil da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
Palavras-chave: situações de risco geológico, escorregamentos**,** trabalho de campo.

RISCO A INUNDAÇÕES, ENCHENTES E ALAGAMENTOS EM REGIÕES COSTEIRAS

Celia Regina de Gouveia Souza (SMA /SP).

RESUMO: Este trabalho apresenta uma abordagem metodológica para o estudo de riscos à ocorrência de inundações, enchentes e alagamentos em regiões costeiras, envolvendo a definição dos conceitos de risco e tipos de processos atuantes, bem como a identificação de suas causas. Estas, por sua vez, passam a ser os atributos de classificação de suscetibilidades, perigos (*P*), danos potenciais (*Dp*) e riscos (*R* =*P* x *Dp*). Os diversos atributos físicos, bióticos e antrópicos que controlam a ocorrência dos processos são classificados através do método de árvore lógica, dentro de um sistema de informações geográficas. A organização desse sistema em módulos e a inserção de todos os atributos de classificação utilizados em um único módulo (Produtos Cartográficos Básicos) permitem que a elaboração de todos os mapas derivados seja automática, através de funções e operações matemáticas. Com isso, qualquer atualização futura, em decorrência de alterações dos atributos de classificação, poderá ser facilmente obtida, a partir de alterações apenas nos bancos de dados relacionais dos Produtos Básicos.
Palavras-chave: inundação, enchente, risco, SIG, método.

METODOLOGIA UTILIZADA PARA O MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO GEOMORFOLÓGICO: BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA, SANTA MARIA – RS.

Edson Luis de Almeida Oliveira (POSGea/UFRGS); Luis Eduardo de Souza Robaina (UFSM); Bernadete Weber Reckziegel (UFSM).

RESUMO: O estudo apresenta uma metodologia usada para o zoneamento e hierarquização das áreas de risco geomorfológico na Bacia Hidrográfica do arroio Cadena, Santa Maria, RS. Considera-se para determinar as áreas de risco fatores como drenagem, características geológicas/geotécnicas e parâmetros morfométricos do relevo. A hierarquização estabelece além desses fatores a ocorrência de acidentes. O mapeamento de áreas de risco é importante ferramenta de gerenciamento e permite um detalhamento do zoneamento dos riscos.
Palavras-chave: áreas de risco, geomorfologia, dinâmica superficial.

DINÂMICA FLUVIAL E CARTOGRAFIA DAS ÁREAS DE RISCO NO RIO ROLANTE /RS

Oto Guilherme Petry; Roberto Verdum.

RESUMO: Os motivos provocadores deste trabalho se debruçam sobre uma das inúmeras variantes na relação da sociedade com a natureza, a qual ocorre com freqüência como se fosse um confronto. Assim, tem-se realizado análises para demonstrar o grau de redução da mata ciliar, de evidenciar a sua relação e importância quanto aos processos morfogenéticos nas margens dos rios e avaliar que a sua recomposição é uma alternativa viável e de grande importância, como agente capaz de diminuir a intensidade desses processos. Especificamente para este trabalho busca-se a identificação e localização dos pontos críticos para a elaboração da cartografia das áreas de risco mais suscetíveis a esses processos. Além disso, esses pontos no rio são selecionados com a intenção de constituírem subsídios para projetos de recomposição da mata ciliar, atrelados a programas que incorporem o aspecto educativo nos alunos da rede de ensino do município. A área deste estudo foi analisada com o uso da carta topográfica na escala de 1:50.000, levantamentos fotográficos, croquis, relatos e vídeos. Como forma de monitoramento utilizou-se a técnica de pinos de erosão/deposição em quatro locais distintos. Também foram realizadas visitas de campo, quando então, se procedeu a identificação das áreas de risco e dos locais onde devem ser implementadas ações de proteção das margens, através do plantio de árvores, com a finalidade de reestabelecer a vegetação. Isto é, a quantidade a ser introduzida naquele local, como também as espécies necessárias para a recomposição da mata ciliar.
Palavras-chave: mata ciliar, área de risco, erosão, deposição e cartografia.

O MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO COMO PROCEDIMENTO BÁSICO NA CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO: O CASO DA ÁREA CENTRAL DA CIDADE DE FLORIANÓPOLIS - SC

Edison Ramos Tomazzoli (UFSC); Joel Robert Marcel Pellerin (UFSC).

RESUMO: Trabalhos de mapeamento geológico-geomorfológico mostraram que a área central da cidade de Florianópolis é constituída, geologicamente, por um maciço de composição granítica, secionado por diques de diabásio de idade jurássica com direção NNE e recortado por falhas e zonas de cisalhamento dúcteis-rúpteis de direções variadas, policiclicamente reativadas. Essa estruturação complexa, aliada a processos de erosão diferencial, é responsável pela compartimentação do relevo de dissecação em três unidades morfotectônicas: a) Unidade Morfotectônica 1 - Maciço Central – representa um bloco soerguido por falhas de gravidade N10°-20°E; exibe relevo em cristas elevadas; b) Unidade Morfotectônica 2 – Serrinha - relevo em cristas elevadas, com orientação dominante NW, controladas por feixes de falhas de direção N60ºW; c) Unidade Morfotectônica 3 – Área Central – representa um bloco tectonicamente rebaixado por falhas de gravidade N10°-20°E, justaposto à Unidade 1; mostra relevo em colinas baixas, capeadas por grandes espessuras de solo residual; constitui-se na área mais central da cidade, a oeste do Maciço Central. Em cada um dessas unidades observam-se diversas feições morfoestruturais que são muito importantes porque condicionam a ocupação urbana: muitas comunidades que ocupam os morros desta capital estabeleceram-se respeitando, inicialmente, os limites impostos por estas unidades. As feições morfoestruturais mapeadas também auxiliam bastante na delimitação de áreas com risco de deslizamentos em encostas.

Palavras-chave: morfotectônica, Florianópolis, geomorfologia.

INUNDAÇÃO X CRESCIMENTO URBANO – ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE VENÂNCIO AIRES - RS

Erika Collischonn; Alexandre Rauber.

RESUMO: Este artigo tem o objetivo de apresentar um estudo exploratório realizado com o objetivo de mapear das áreas inundáveis na cidade de Venâncio Aires em situações de cheia do arroio Castelhano, contando-se para esta tarefa com o auxílio da coordenadoria da Defesa Civil local. Foi considerada, por enquanto, uma única situação de inundação, ocorrida entre os dias oito e nove de julho de 2003, decorrente de um episódio pluvial intenso em toda a bacia do Arroio Castelhano. No levantamento de campo foi utilizado um aparelho de GPS e para o tratamento das demais informações georeferenciadas utilizou-se os programas Idrisi e AutoCadMap. O levantamento e mapeamento realizados foram confrontados com o dinamismo da urbanização e expansão do perímetro urbano de Venâncio Aires nas últimas três décadas. Constatou-se o avanço do perímetro urbano sobre a planície de inundação do arroio Castelhano o que indica que no futuro cada vez mais pessoas estarão expostas ao risco ambiental.
Palavras-chave: urbanização, inundação, geoprocessamento.

ZONEAMENTO DE RISCO GEOLÓGICO NA ÁREA DA FAVELA REAL PARQUE, SÃO PAULO

Fabrício Araujo Mirandola (IPT); Eduardo Soares de Macedo (IPT); Lindolfo Soares (USP).

RESUMO: O zoneamento de riscos geológicos vem sendo utilizado como instrumento na gestão urbana para identificar os problemas relacionados aos riscos geológicos, reduzindo o número de vítimas e os prejuízos econômicos. No Brasil, inicia-se um período de intenso debate sobre as alternativas para a crise habitacional nos centros urbanos, onde a população empobrecida, que necessita de moradia, é forçada a ocupar áreas que podem vir a apresentar alto grau de risco geológico. Nesse contexto, a gestão dessas áreas e, por conseguinte, o seu zoneamento, adquire destaque como uma ferramenta importante, principalmente nos trabalhos das Prefeituras. Este trabalho, aplicado na Favela Real Parque, na zona sul da Cidade de São Paulo, teve como meta o zoneamento de risco geológico por meio da identificação dos processos atuantes, da avaliação da suscetibilidade de ocorrência de acidentes e pela delimitação dos setores de risco geológico. Como produtos deste trabalho obteve-se o modelo tridimensional do terreno, a carta de declividades, o mapa do tecnógeno e a carta de risco. A partir da análise destes produtos pode-se verificar que o zoneamento de risco geológico aplicado na área forneceu informações sobre a individualização, distribuição espacial e caracterização dos setores submetidos aos diversos níveis de suscetibilidade a acidentes geológicos, os quais apresentam seus respectivos graus de probabilidade de ocorrência e suas alternativas de intervenção.

Palavras-chaves: risco geológico, gestão urbana, zoneamento de risco geológico.

EVENTOS PERIGOSOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS NO BRASIL

Zuquette, L.V. (USP); Pejon, O.J. (USP).

RESUMO: Neste texto encontram-se os resultados de um inventário preliminar desenvolvido para avaliar a distribuição dos principais eventos perigosos no Brasil, assim como uma carta de zoneamento do estado de São Paulo, em escala 1:500.000 com uma avaliação dos principais eventos perigosos para cada unidade.
Palavras-chaves: eventos perigosos, São Paulo, Brasil.

CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS FÍSICO-NATURAIS INTRÍNSECOS DA ENCOSTA E IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A DESLIZAMENTOS NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO ARARANGUÁ – BLUMENAU /SC

Rafaela Vieira (FURB e UNIVALI); Sandra Maria de Arruda Furtado (UFSC).

RESUMO: Em busca da redução dos riscos naturais, vários estudos têm sido desenvolvidos para determinar quando e como ocorrem os movimentos de massa, bem como onde se localizam as áreas mais suscetíveis, considerando os fatores intrínsecos (geologia, declividade, forma da encosta) e extrínsecos (clima, principalmente quantidade, intensidade, duração e distribuição de chuvas) da encosta. O presente trabalho realiza uma leitura da dinâmica da paisagem da sub-bacia do Ribeirão Araranguá, a partir de seus aspectos físicos-naturais, identificando-se os fatores que condicionam os movimentos de massa, em especial os deslizamentos, dando-se maior ênfase à declividade.
Palavras-chaves: deslizamento, suscetibilidade, aspectos físico-naturais.

METODOLOGIA APLICADA A ANÁLISE DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A RISCOS NATURAIS NO SETOR LESTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITACORUBI, FLORIANÓPOLIS – SANTA CATARINA – BRASIL

Sandro Sidnei Vargas de Cristo (UFT); Maria Lúcia de Paula Herrmannn (UFSC).

RESUMO: O presente artigo refere-se a uma metodologia aplicada ao mapeamento de áreas com susceptibilidades aos riscos naturais encontradas na bacia hidrográfica do Rio Itacorubi, em específico em seu setor leste, o qual encontra-se assentado sobre a porção central da Ilha de Santa Catarina localizada no município de Florianópolis, Santa Catarina. Metodologia que foi desenvolvida e adaptada de Dias (2000). O enfoque principal da pesquisa relacionada aos riscos naturais encontrados na área em questão, fica sobre as áreas susceptíveis as enchentes e aos deslizamentos que estão sofrendo com a constante expansão da urbanização local. Esta expansão evidenciada aparece tanto nas encostas com declividades acentuadas, mais sujeitas aos deslizamentos, quanto nas áreas de planície com relevo plano e baixo, mais sujeitas à ocorrência de enchentes. Desta maneira, desenvolveu-se uma metodologia aplicada ao mapeamento destas áreas com maiores probabilidades de ocorrências de riscos naturais, analisando-se os fatores físicos e humanos encontrados no local que de uma forma ou de outra são os aspectos preponderantes na resultante situação atual da área de pesquisa. Em específico os procedimentos metodológicos adotados foram os seguintes: primeiramente, caracterizou-se os aspectos geológicos, os aspectos geomorfológicos, os aspectos pedológicos, a declividade, as formas das encostas e o uso e da terra, utilizando-se fotografias aéreas, imagens de satélites e trabalhos de campo apoiados com aparelho de localização geográfica GPS (Global Position System). Num segundo momento, confeccionou-se os mapas temáticos dos aspectos analisados, onde para cada uma das características identificadas foram atribuídos valores (pesos) a fim de estabelecer as classes de susceptibilidades a riscos naturais de deslizamentos e enchentes. Num terceiro momento realizou-se a integração dos elementos considerados (mapas temáticos) por meio de técnicas de geoprocessamento através de um software gerenciador de Sistema de Informações Geográficas/SIG (Microstation GeoGraphics), resultando no Mapa final de Susceptibilidade com a hierarquização das diversas classes de susceptibilidades.
Palavras-chave: áreas de riscos naturais, deslizamentos, enchentes.

DINÂMICA DOS SISTEMAS FÍSICO-NATURAIS E SUA IMPORTÂNCIA PARA A DEFINIÇÃO DE ÁREAS DE RISCO

Edna Lindaura Luiz (Universidade do Extremo Sul Catarinense).

RESUMO: Os fenômenos naturais que desencadeiam riscos para a ocupação humana fazem parte da dinâmica dos ambientes da superfície da Terra. A paisagem não é estática, contudo, o desconhecimento desta dinâmica provoca a ocupação de áreas mais susceptíveis a mudanças por causa da entrada de matéria e energia ao sistema, as áreas de risco. Tais mudanças dependem da magnitude e freqüência dos eventos naturais. O homem também pode criar o risco em áreas que não apresentavam problemas, através por exemplo, da realização de cortes nas encostas que aumentam sua declividade e sua susceptibidade em sofrer deslizamentos. Pesquisas básicas sobre a identificação e o funcionamento dos sistemas naturais podem tornar os mapeamentos de risco mais eficientes.
Palavras-chaves: riscos geoambientais, processos erosivos, dinâmica de sistemas físico-naturais, ocupação de áreas de risco.

DIAGNÓSTICO DA OCUPAÇÃO DE ENCOSTAS DO MACIÇO CENTRAL DO MORRO DA CRUZ - FLORIANÓPOLIS – SC.

Cleice Edinara Hübner (UDESC); Mariane Alves Dal Santo(UDESC); Francisco Henrique de Oliveira (UDESC).

RESUMO: A partir da década de 70, inicia-se uma acentuada ocupação do Maciço Central do Morro da Cruz/Florianópolis/SC. Essa ocupação se dá de maneira irregular, principalmente pela população de baixa renda, em áreas inadequadas à ocupação do meio, acarretando no desequilíbrio ambiental e em graves problemas sociais associados ao espaço urbano. A proposta do trabalho foi a realização de um diagnóstico atualizado das áreas de ocupação irregular na área de estudo, tendo como metodologia a geração de produtos cartográficos no Sistema de Informação Geográfica Geomedia Professional 5.1 e no Sistema de Processamento de Informações Geográficas - SPRING 3.6. Através dos mapas temáticos gerados, verificou-se uma grande ocupação de áreas de risco ambiental, o que revela uma situação bastante preocupante, pois os impactos causados pela urbanização de encostas podem resultar em deslizamentos durante episódios pluviais intensos. Os riscos são evidentes e somente frente a estes é que se pode convencer o poder público, os técnicos e a população da necessidade da adoção de medidas preventivas aos problemas decorrentes do processo de ocupação.
Palavras-chave: ocupação irregular, degradação ambiental, sistema de informação geográfica.

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS HEURÍSTICOS DE MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A ESCORREGAMENTO

Emerson Vieira Marcelino (INPE); Antonio Roberto Formagio (INPE).

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar e comparar duas técnicas de inferência geográfica, o Método Booleano (MB) e a Média Ponderada (MP), para a obtenção de mapas de áreas susceptíveis a escorregamentos. A área de estudo foi o município de Caraguatatuba, no litoral norte do Estado de São Paulo. Dados ETM+/Landsat-7 e HRV/Spot-4 foram utilizados para realizar o inventário de escorregamentos, que foram utilizados para dar pesos aos diversos parâmetros geoambientais e validar os métodos de mapeamento. A técnica que apresentou o melhor resultado para a escala de trabalho (1:100.000) foi a MP com 62% de acerto para a classe Muito Alta, além de ter mostrado maior flexibilidade na integração dos vários planos de informação utilizados. Recomenda-se que tais métodos sejam aplicados e validados em outras regiões do Brasil com características geoambientais distintas.
Palavras-chave: SIG, inferência geográfica, escorregamentos.

MAPA DAS FORMAÇÕES SUPERFICIAIS COMO SUBSÍDIO À ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS E QUEDAS DE BLOCOS

Silvia Midori Saito (UFSC); Joël R.G.M. Pellerin (UFSC); Maria Lúcia de Paula Herrmann (UFSC).

RESUMO: O presente artigo trata-se da analise das características da formação superficial do Maciço Central de Florianópolis, que constitui um importante parâmetro para o diagnóstico da suscetibilidade a deslizamentos e quedas de blocos. Esta área constitui-se alvo desse estudo devido aos diversos acidentes ocorridos, principalmente em assentamentos precários. O mapeamento das formações superficiais possibilitou associar as ocorrências desses acidentes com as características da cobertura superficial, auxiliando, sobremaneira, na análise da suscetibilidade a escorregamentos na área em estudo.
Palavras-chave: formações superficiais, deslizamentos e quedas de blocos**.**

Eixo Temático 3

SISTEMAS PARA PREVENÇÃO E/OU CONTENÇÃO DE ENCOSTAS E ENCHENTES

ESTRATÉGIAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS: LA ARQUITECTURA DE TIERRA, UNA ALTERNATIVA A EXPLORAR

Rosa Flores; Célia Neves.

RESUMEN: El artículo trata acerca de medidas no estructurales de prevención de laderas y expone ciertas estrategias respecto a sistemas de prevención en los asentamientos humanos localizados en zonas vulnerables, sujetas, a menudo, a la ocurrencia de desastres naturales. Se presentan criterios generales de protección superficial de taludes (materiales naturales) y técnicas específicas de construcción para las viviendas localizadas en los sectores a riesgo. Se propone la arquitetura de tierra en sus diversas modalidades, como una alternativa técnicamente viable de prevención de laderas frente a las exigencias de los fenómenos naturales. Se incluye una reflexión a propósito de las políticas de intervención (rehabilitación y relocalización) y de gestión de riesgos aplicadas con frecuencia en las comunidades afectadas. Las discusiones realizadas a lo largo del artículo permiten identificar técnicas constructivas adecuadas y elaborar una serie de conclusiones y recomendaciones con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los residentes en laderas.
Palabras-clave: prevención en laderas, obras sin estructura de contención, gestión de riesgos, arquitectura de tierra, rehabilitación y relocalización.

CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NO RIBEIRÃO PIRAJUSSARA, S.P., VISANDO A PREVENÇÃO DE ENCHENTES.

Canil, K. (IPT); Alameddine, N. (IPT); Oliveira, R.A. (IPT).

RESUMO: Esse artigo apresenta os resultados do projeto Bases técnicas para prevenção e controle de erosão na bacia do ribeirão Pirajussara, municípios de São Paulo, Taboão da Serra e Embu – Projeto Erosão Zero, elaborado pela equipe técnica da área de Processos e Riscos Geológicos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. A bacia hidrográfica do ribeirão Pirajussara sofre há muitos anos sérios problemas referentes às inundações durante o período chuvoso. Dentre as principais causas associadas à ocorrência de inundações, destacam-se os processos erosivos e o assoreamento dos canais fluviais.Os processos erosivos desenvolvem-se principalmente em áreas desprovidas de cobertura vegetal, que se tornam terrenos frágeis e sucumbem perante a expansão urbana acelerada e desordenada, bem como de áreas sem infra-estrutura urbana. Como conseqüência, uma grande quantidade de sedimentos é transportada pelos canais fluviais da bacia e passa a assorear cursos d'água e reservatórios de abastecimento e, conseqüentemente, provocar as inundações. Dessa forma foi realizado o mapeamento para identificação e caracterização das áreas de produção de sedimentos e estabelecimento de um banco de dados referente ao cadastro das áreas de erosão. A partir do reconhecimento dessas áreas foi apresentado um quadro de soluções de engenharia visando o controle de erosões e a contenção de sedimentos em áreas críticas e a estabilização das margens dos cursos d'água, incluindo diretrizes para recuperação de cabeceiras de drenagem. Com isso estima-se que a diminuição dos volumes de material produzido por essas áreas seja um fator importante na redução das enchentes.
Palavras-chave: bacia hidrográfica, erosão, assoreamento, enchente.

GESTÃO DA ÁGUA NO MEIO URBANO E CONTROLE DE INUNDAÇÕES

Joaquim Gondim Filho (ANA); Virgínia Valladares Rodrigues Medeiros (ANA).

RESUMO: A ocorrência de inundações em áreas urbanas e ribeirinhas, no Brasil, tem-se intensificado e tornado mais freqüente a cada ano. Este agravamento é função tanto da crescente impermeabilização do solo decorrente da urbanização acelerada, como da imprevidente ocupação urbana de áreas ribeirinhas, que sempre constituíram os leitos naturais dos cursos de água. A combinação desses processos conduz a picos de vazão cada vez mais difíceis de controlar mediante intervenções estruturais tradicionais voltadas à ampliação das capacidades de escoamento superficial, o que tem aumentado sensivelmente o potencial benefício tanto de dispositivos de detenção, como de medidas não-estruturais de caráter essencialmente preventivo. Essas últimas implicam a necessidade de uma articulação crescente com os sistemas de gestão urbana, considerando que as competências para administrar instrumentos de controle de uso e ocupação do solo, bem como para impor padrões de edificação e gabaritos urbanísticos, extrapolam o âmbito de ação normativa e reguladora dos Sistemas Nacional e Estaduais de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Como regra, essas matérias pertencem à esfera de competência dos municípios, não se excluindo, porém, uma forte interação com os poderes públicos estaduais, nos casos de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, sobre as quais se aplicam os princípios constitucionais de cooperação no exercício de funções públicas de interesse comum. Este trabalho visa a apresentar alternativas de integração da drenagem urbana com o controle de inundações, como parte de um sistema ambiental mais amplo inserido no contexto das políticas urbana, ambiental e de defesa civil.
Palavras-chave: água, meio urbano, controle de inundações.

CORRELAÇÃO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS, FLUVIOMÉTRICOS E MAREGRÁFICOS EM EVENTOS DE ENCHENTES/INUNDAÇÕES NO BAIXO RIO RIBEIRA DE IGUAPE (SP)

Claudinei Lopes Santana (USP); Celia Regina de Gouveia Souza (SMA); Joseph Harari (USP).

RESUMO: Os condicionantes de inundações e enchentes em rios de regiões costeiras podem ser naturais (climatológicos, geológico-geomorfológicos da bacia de drenagem, flúvio-hidrológicos e oceanográficos) e/ou antrópicos (principalmente alterações no comportamento da rede de drenagem). No litoral do Estado de São Paulo, os maiores problemas com inundações ocorrem ao sul, na área drenada pelo maior rio costeiro paulista, o Rio Ribeira de Iguape. Os eventos mais catastróficos que atingiram os municípios do seu baixo curso (Iguape, Pariqüera-Açú e Registro), geralmente duraram dias e causaram perdas de vidas e muitos prejuízos sociais e econômicos. Este trabalho apresenta alguns resultados preliminares de um estudo analítico quantitativo, que está em desenvolvimento, sobre o comportamento de três variáveis que controlam os eventos de enchentes e inundações no curso inferior do Rio Ribeira de Iguape, a saber: precipitação pluviométrica, vazão fluvial e cota do nível de água (N.A.) do rio durante o pico dos eventos, e níveis das marés real, meteorológica ou residual e astronômica. Estão sendo estudados 25 eventos de enchente/inundação ocorridos no período de 1982 a 2001. Para o maior evento já ocorrido na região (junho/1983), os resultados obtidos até o momento revelam elevados níveis de correlação entre vazão, N.A. do rio, precipitação e Maré residual (meteorológica) em Registro, Pariqüera-Açú e Iguape. Observou-se também que a maré residual repercute de forma significativa na elevação do N.A. do rio, em seu curso inferior, uma vez que desacelera os fluxos de escoamento para o oceano.
Palavras-chave: enchentes/inundações, marés, fluviometria, pluviometria, Rio Ribeira de Iguape.

SUB-BACIA DO RIBEIRÃO CHICO DE PAULO (JARAGUÁ DO SUL – SC): AGENTES POTENCIALIZADORES DAS INUNDAÇÕES URBANAS E ADOÇÃO DE MEDIDAS PREVENTIVAS E CORRETIVAS

Daiane Bertoli (UFSC); Teomar Duarte da Silva (UFSC).

RESUMO: Objetivando identificar os agentes que influenciam na potencialização das inundações urbanas, a presente pesquisa aborda a análise ambiental da sub-bacia do ribeirão Chico de Paulo (Jaraguá do Sul – SC). Embasada em pesquisa bibliográfica, observações de campo e na elaboração e interpretação de mapas temáticos em escala detalhada, esta evidencia como a problemática das cheias vem sendo ampliada pelos inadequados processos de urbanização. Ressalta-se ainda, como a adoção de medidas corretivas e preventivas podem servir de instrumento mitigador para a crise enfrentada, subsidiando tomadas de decisões.
Palavras-chave: inundações urbanas, planejamento ambiental.

CUSTOS HUMANOS E ECONÔMICOS GERADOS POR DESASTRES NATURAIS OCORRIDOS NO BRASIL NOS ÚLTIMOS 25 ANOS

Euler Magalhães da Rocha (AEAEEUFMG).

RESUMO: Este trabalho pretende ser uma contribuição para uma conscientização geral - especialmente das autoridades públicas - sobre a importância e conseqüências dos desastres naturais, podendo servir de subsídio para o desencadeamento de ações eficazes para a PREVENÇÃO destes desastres.

MÉTODO PARA CLASSIFICAÇÃO DO "GRAU DE RISCO" DE DESASTRES NATURAIS

Euler Magalhães da Rocha (AEAEEUFMG)

RESUMO: O "Grau de Risco" de uma área de risco é um parâmetro de fundamental importância para a elaboração de Projetos de Prevenção de Desastres Naturais, pois o mesmo permite a definição de urgências e prioridades das soluções. O presente trabalho apresenta um Método, prático e de fácil aplicação, para a determinação do parâmetro em tela.

ANÁLISE HISTÓRICA DAS ENCHENTES EM CURITIBA-PR: MEDIDAS PROPOSTAS & CONSEQÜÊNCIAS OBSERVADAS

Helenne Jungblut Geissler (UFSC); Ruth Emília Nogueira Loch (UFSC).

RESUMO: Este artigo aborda a questão das enchentes em Curitiba-PR, fazendo um estudo histórico das ocorrências, das medidas de contenção e das conseqüências observadas. Para tanto foram consultadas fontes bibliográficas, teses e dissertações envolvendo o assunto.Foi realizada consulta e registro de material cartográfico e de séries de fotos aéreas. Verificou-se que em diversos bairros da cidade a ocupação humana foi localizada em terras impróprias a edificação e usos permanentes. A expansão da cidade ocorreu nos vales e na confluência de diversos afluentes do rio Iguaçu no século XIX e no século XX. As enchentes foram agravadas pela derrubada de matas ciliares e de florestas nativas de Araucária. As obras de engenharia, construídas pelo poder público desde 1886, desconsideraram as causas reais do problema e transferiram as conseqüências para municípios situados a jusante. Há medidas estruturais previstas além de 2015. O planejamento urbano negligenciou a capacidade de suporte do meio físico e foi incapaz de disciplinar ocupações em áreas de risco. Ocorreram grandes enchentes em 1911, 1932, 1968, 1975, 1976 e 1983. As inundações de 1999 atingiram mais treze bairros de Curitiba, causaram inúmeros prejuízos e mostraram que a cidade não está preparada para enfrentar as inundações. O episódio mobilizou a população civil e Instituições para propor medidas e enfrentar as enchentes.
Palavras-chave: enchentes, obras de engenharia, planejamento urbano.

ANÁLISE DA CHEIA DE 2004 NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

Joaquim Guedes Corrêa Gondim Filho (ANA); Klebber Teodomiro Martins Formiga (ANA); Rafael Xavier Meriade Duarte (ANA); Martha Regina Von Borstel Sugai (ANA).

RESUMO: A bacia hidrográfica do rio São Francisco é uma das principais do Brasil. Nela estão instaladas uma série de usinas hidrelétricas, que são a principal fonte de energia da região Nordeste do Brasil. Nesta região também estão instalados grandes empreendimentos de irrigação que sustentam, em boa parte a economia da região. O objetivo desse trabalho é fazer uma análise da cheia ocorrida no início do ano de 2004, identificando causas e o nível de severidade do evento. Verificou-se que do ponto de vista da bacia como um todo, as vazões alcançadas no Submédio São Francisco, não foram tão severas, porém, considerando apenas o aspecto das pequenas bacias de contribuição ali localizadas o evento foi um dos maiores registrados. Os efeitos mais nefastos dessa cheia se deram principalmente, em virtude da ocupação da zona de inundação, Evidenciando que a não ocorrência de cheias por um período muito longo é, ironicamente, um fator de risco, pois encoraja a ocupação das várzeas por parte da população, para exploração econômica ou residencial.

Palavras-chave: São Francisco, enchentes.

DIAGNÓSTICO DAS INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS DO RIO PARAÍBA DO SUL E MANTIQUEIRA, SP: SUBSÍDIO PARA O PLANO DE CONTINGÊNCIA

Marcelo Fischer Gramani (IPT); Fabiana Checchinato Silva (IPT); Gerson Salviano Almeida Filho (IPT); Maria Isabel Faria Gouveia (DAEE).

RESUMO: Os estudos contidos neste trabalho visam o diagnóstico e o cadastro de locais críticos a inundações nos municípios situados nas bacias hidrográfica do rio Paraíba do Sul (UGRHI – 2) e Serra da Mantiqueira (UGRHI – 1) para subsidiar o DAEE na elaboração de um Plano de Contingência. Com o agravamento da crise econômica e seus reflexos sociais, o problema de ocupação de áreas de risco no estado de São Paulo vem se acentuando e impondo ao Poder Público a necessidade de um controle na prevenção de acidentes. A implantação de um Plano de Defesa Civil para as áreas sujeitas a inundações será um instrumento que irá subsidiar a ação dos poderes públicos, estadual e municipal, no sentido de se garantir a segurança dos moradores instalados nessas áreas de risco.
Palavras-chaves: inundação, Vale do Paraíba, plano de contingência, Defesa Civil.

DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE INUNDAÇÕES BRUSCAS EM SANTA CATARINA (PERÍODO 1980 – 2003)

Emerson Vieira Marcelino (UFSC); Roberto Fabris Goerl (UFSC); Frederico de Moraes RudorfF (UFSC).

RESUMO: O presente trabalho analisa a distribuição espaço-temporal das ocorrências de inundações bruscas no Estado de Santa Catarina, no período de 1980 a 2003. Os dados foram obtidos dos relatórios de Avaliação de Danos da Defesa Civil e especializados num ambiente SIG. No período observado foram registradas 555 inundações bruscas, que causaram sérios danos e prejuízos. A partir da década de 90 verificou-se um aumento significativo na freqüência, que pode estar associado com a intensificação do processo de urbanização. A estação do ano mais favorável à ocorrência de inundações bruscas é o verão, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro devido às fortes convecções tropicais. Com relação à distribuição espacial, foram registrados os maiores índices nos municípios localizados na vertente atlântica, que são áreas montanhosas, com elevadas temperaturas e taxas de umidade, condições estas que favorecem a formação de tempestades convectivas isoladas (chuvas orográficas). Desta forma, a maior freqüência de inundações bruscas está associada principalmente às fortes e concentradas chuvas em relevos montanhosos.
Palavras-chave: inundação brusca, distribuição espaço-temporal, Santa Catarina.

REPERCUSSÕES DE UM EVENTO PLUVIOMÉTRICO INTENSO ASSOCIADO À MARÉ DE TEMPESTADE E DE SIZÍGIA NA COSTA SUL CATARINENSE

Frederico de Moraes Rudorff (UFSC); Davis Anderson Moreno (UFSC); Edson Fossatti Gonçalves (UFSC); Letícia Luiza Penteado Brazetti (UFSC); Gustavo Souto Molleri (UFSC); Jarbas Bonetti (UFSC).

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo analisar as características das inundações fluviais ocorridas entre os dias 04 e 07 de maio de 2004 na região sul catarinense, bem como suas repercussões sócio-econômicas. A ação conjunta da precipitação intensa e marés de tempestade e maré de sizígia em uma planície costeira foram determinantes na ocorrência das inundações em diversos municípios das bacias dos rios Araranguá e Urussanga. Nos municípios de Araranguá, Morro da Fumaça, Forquilhinha e Bal. Arroio do Silva foram registrados os maiores números de desabrigados e desalojados. Todavia, os maiores prejuízos ocorreram em Içara (R$ 4.044.000,00), principalmente na agricultura devido às perdas com milho e feijão. O total de desabrigados, desalojados e deslocados na área atingida foi de 526, 541 e 502, respectivamente.
Palavras-chave: inundações fluviais, maré de tempestade, maré de sizígia, desastres naturais.

Eixo Temático 4

MONITORAMENTO CLIMÁTICO E PREVISÃO METEOROLÓGICA

A RELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR NA VARIABILIDADE INTERANUAL E INTRASAZONAL DE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NOS TRÓPICOS E SUBTRÓPICOS DO BRASIL DURANTE O VERÃO AUSTRAL

Michel Nobre Muza; Leila Maria Véspoli de Carvalho.

RESUMO: A ocorrência de eventos extremos de precipitação nas escalas temporais intrasazonal e interanual é investigada em regiões de atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul durante o verão austral. Estimativas de pêntadas de precipitação baseadas em medidas de satélites e estações de superfície, e reanálise de temperatura da superfície do mar (TSM), ambos de 1979 a 2002, são utilizados nesse estudo. Foram escolhidas sub-regiões com 10ºx10º de latitude-longitude e 2.5º de resolução espacial localizadas em áreas sobre os trópicos e subtrópicos. Foi considerado como contribuição da variabilidade interanual e intrasazonal tanto extremos de chuva quanto de supressão da mesma. O critério para a seleção de ocorrência de extremos baseou-se nos quartis da distribuição de freqüências da precipitação em cada ponto de grade. Mostra-se que em algumas regiões extremos de precipitação e secas na escala interanual estão associados a episódios El Niño-Oscilação Sul. Por outro lado, a ocorrência de extremos na escala intrasazonal está mais relacionada a padrões de TSM global na escala intrasazonal.
Palavras-chave: El Niño, La Niña e ZCAS.

SISTEMAS METEOROLÓGICOS ASSOCIADOS A ESCORREGAMENTOS COM VÍTIMAS FATAIS NO ESTADO DE SÃO PAULO NO PERÍODO DE 1996 A 2004.

Fernanda S. Ide; Eduardo Soares de Macedo (IPT).

RESUMO: A partir do cadastro de eventos de escorregamento com vítimas fatais no Brasil realizado pelo Agrupamento de Geologia e Aplicações Ambientais do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (AGAMA/IPT), foram selecionadas as ocorrências no Estado de São Paulo entre 1996 e 2004. Com o objetivo de aprimorar o conhecimento da relação entre os processos atmosféricos e os escorregamentos e melhorar o grau de antecipação de situações de risco, foram analisados os cenários atmosféricos destas ocorrências. A maior parte dos escorregamentos foi registrada no período chuvoso, entre dezembro e março, com pico em janeiro. A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) foi o sistema responsável pela maior parte das ocorrências de escorregamento no Estado de São Paulo. A ZCAS fornece suporte termodinâmico para a formação de chuvas por pelo menos 4 dias seguidos, propiciando a diminuição da resistência do talude. Frentes frias também apresentam grande importância na instabilização de encostas, sejam associadas a outros sistemas meteorológicos ou a eventos anteriores de episódios de chuva intensa.
Palavras-chave: escorregamento, sistema meteorológico, ZCAS, chuva.

OCORRÊNCIA DE UM CASO DE NUVEM TIPO VÍRGULA INVERTIDA NO DIA 11 DE JANEIRO DE 2004 NO LITORAL DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA

Maurici A. Monteiro (EPAGRI/CLIMERH); Marcelo R. de Moraes (EPAGRI/CLIMERH); Daniel S. Calearo (EPAGRI/CLIMERH).

RESUMO: O sistema de nuvem vírgula invertida (Hemisfério Sul) apesar de se desenvolver em uma área não muito extensa (mesoescala), apresenta condições de tempo muito instável, podendo inclusive desenvolver tempestades em forma de Tornado, onde os ventos são muito fortes com grande poder destrutivo. Apesar de não ser muito freqüente nas latitudes subtropicais do HS, no dia 11 de janeiro de 2004 um sistema deste tipo desenvolveu-se entre o litoral do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. As condições sinóticas associadas a esse sistema foram analisadas através de cartas de superfície e de altitude, e suas manifestações foram verificadas através de entrevista pessoal e informações de jornais.
Palavras-chave: nuvem vírgula, cartas de superfície, tornado.

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO ASSOCIADA AO CICLONE CATARINA VIA SENSORIAMENTO REMOTO

Rodrigo Gevaerd (USP); Fabrício Vasconcelos Branco (USP); Pedro Leite da Silva Dias (USP); Marcos Longo (USP).

RESUMO: Neste trabalho é feita a análise da distribuição de precipitação associada ao ciclone Catarina, baseado em dados estimados via satélite (TRMM). Três parâmetros são fundamentais para explicar a evolução da taxa de precipitação destes sistemas: a temperatura da superfície do mar, o perfil vertical médio do vento na atmosfera e interação com a topografia. O ciclone analisado configurou-se como circulação ciclônica no dia 24 de março de 2004. Houve o surgimento de um "olho" na tempestade em seu desenvolvimento e os danos causados à região costeira do sul do Brasil entre os dias 27 e 28 indicaram ventos de até 150 km/h. A análise da precipitação revelou a existência de um ciclo diurno e forte interação com regiões montanhosas no sul do Brasil nos instantes finais do evento.
Palavras-chave: ciclone Catarina, ciclogênese, precipitação.

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE POISSON PARA A OCORRÊNCIA DE GRANIZO NA REGIÃO DE PELOTAS.

Nélia Kainara R. Cardoso (UFPel); Fábio Ullmann F. de Lima (UFPel); Simone Vieira de Assis (UFPel).

RESUMO: Ocorrências de granizo associadas à precipitações intensas são acontecimentos muito comuns na região Sul do Brasil. Estes fenômenos causam sérios prejuízos à agricultura, construções civis entre outros. Neste trabalho, foi feita uma análise estatística, baseando-se na Distribuição de Probabilidade de Poisson, com a finalidade de obter informações mais detalhadas sobre a freqüência de ocorrência do mesmo. Nos quarenta e dois anos estudados, verificou-se que a maior probabilidade foi de um caso de granizo por ano, e a menor foi de oito casos, sendo que os meses que registram mais ocorrências são os compreendidos entre julho e setembro. Dessa forma, este trabalho visa dar contribuições à agricultura e áreas afins, que necessitem se precaver contra o fenômeno.
Palavras-chaves: granizo, distribuição de probabilidade de Poisson.

ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS E HIDROMETEOROLÓGICOS DAS ENCHENTES NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO NO PERÍODO DE 2000 A 2004

Augusto José Pereira Filho (USP); Ricardo Hallak (USP); Mário Thadeu Leme de Barros (EPUSP).

RESUMO: Este estudo compreende uma análise hidrometeorológica das enchentes na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) no período de 2000 e 2004. Sessenta e cinco eventos foram analisados por meio de dados de radar meteorológico, satélite, superfície e altitude. Fez-se um levantamento de impactos sócio-econômicos a partir de reportagens de um jornal local que foram analisados em conjunto com os dados meteorológicos. Os eventos de enchente tiveram um impacto significativo na população, meios de transporte, distribuição de energia elétrica e outras atividades humanas. Cerca de 65% das enchentes estavam associados com a circulação de brisa e a ilha de calor da RMSP. Um sistema de previsão hidrometeorológica (SPH), a ser implementado em breve, é apresentado.

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ, GRANDE FLORIANÓPOLIS-SC

Silva, M. M. (Epagri); Monteiro, M. A. (UFSC); Calearo, D. S. (Epagri); Moraes, M. R. (Epagri); Miszinski, J. (Epagri).

RESUMO: O comportamento da precipitação no município de São José, região da Grande Florianópolis, tem sido estudado por diversos pesquisadores, Monteiro e Furtado, 1995; Monteiro, 2001, dentre outros. Os trabalhos são focados em estudos de caso de episódios de chuvas intensas, principalmente em aspectos físicos e sinóticos. De modo geral, a análise quantitativa da precipitação, sua distribuição, e período de recorrência são poucos detalhados. O município possui uma particularidade de relevo marcante e irregular, portanto há a necessidade de um aprofundamento do comportamento do regime pluviométrico, buscando caracterizar os períodos mais prováveis em que ocorrem chuvas intensas, não apenas nos aspectos físicos de escala sinótica e hemisférica, mas também, a quantidade de chuva esperada para uma determinada época do ano. O objetivo principal deste trabalho é avaliar e caracterizar, a partir de resultados climatológicos e estatísticos, as precipitações severas, muito forte ou intensas no município de São José, região da Grande Florianópolis.
Palavras-chave: chuvas intensas, análises estatísticas.

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS CLIMÁTICOS NA AGRICULTURA DO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO – 1986 A 2003

Nair Gloria Massoquim (UNESPAR/FECILCAM); Áurea Viana de Andrade (UNESPAR/FECILCAM).

RESUMO: Os fenômenos do clima e elementos do tempo meteorológico são objetos de estudo de significativa relevância para se compreender o desenvolvimento, produção e produtividade de culturas agrícolas. Entende-se que para esse setor da economia, o índice, a distribuição da chuva e a variação térmica no decorrer dos meses do ano, são de suma importância para melhor planejar as atividades. Nesta pesquisa apresenta-se as variações e influência de alguns elementos do tempo meteorológico (precipitação e temperatura), bem como suas implicções e interferência na produção agrícola, nos últimos dezoito anos, no Município de Campo Mourão. Para o estudo elaborou-se um banco de dados, confeccionou-se tabelas e gráficos utilizou-se de referencial teórico, coleta de dados em órgãos como INMET, IBGE, SEAB, ECPCM e SIMEPAR. Valendo-se do referencial teórico analisou-se elementos e fenômenos do clima e detectou-se que as interferências de maior relevância que intervém no desenvolvimento da produção e desempenho na produtividade agrícola, além das geadas ocasionais, são provocadas por anomalias, dentre elas, a atuação do fenômeno El Niño, e estiagem no outono. As estiagens ocorreram em 4 dos últimos cinco anos da pesquisa, prejudicando lavouras alternativas como o milho safrinha.
Palavras-chave: clima, El Nino, agricultura, regional.

INTERAÇÃO ENTRE FATORES ENVOLVIDOS NA FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE TEMPESTADES SEVERAS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Edmilson Dias de Freitas; Pedro Leite da Silva Dias (USP).

RESUMO: Neste trabalho são estudados alguns efeitos causados pela interação entre a ilha de calor urbana (IC) e a temperatura da superfície do mar (TSM) sobre um evento de tempestade severa ocorrido no dia 01 de fevereiro de 2003 na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). O trabalho foi desenvolvido através da modelagem numérica da atmosfera utilizando o Brazilian Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS) em alta resolução espacial e com uma parametrização fisicamente adequada ao tratamento de áreas urbanas. Para as análises foi utilizado o método de separação de fatores, o qual permite a identificação da contribuição individual de cada fator e da interação entre eles sobre um determinado campo meteorológico. Os resultados mostram que a IC contribui positivamente para o total de precipitação ocorrido durante o evento e que essa contribuição é dependente da TSM, havendo respostas distintas quando do aumento ou da diminuição da mesma. Com um aumento de 2 ºC na TSM observada (semanal) para o período, a IC contribui para um aumento de 28 % no total de precipitação acumulado no domínio da grade utilizada. O mesmo aumento numa situação em que a TSM está 2 ºC mais baixa resulta num aumento de somente 14 %. Em algumas áreas do domínio estudado a contribuição da IC pode ocasionar um aumento da ordem de 100 % na precipitação acumulada. Com base neste estudo, fica evidente a necessidade da correta representação desses fatores na realização de previsões de eventos severos na região.

Palavras-chave: ilha de calor urbana, tempestades severas, brisa marítima, TSM, BRAMS.

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL E ESPACIAL DAS CHUVAS ASSOCIADA AOS MOVIMENTOS DE MASSA NO LITORAL NORTE PAULISTA

Renato Tavares (SMA/SP); João Lima Sant'Anna Neto (FCT/UNESP); José Tadeu Garcia Tommaselli (FCT/UNESP); Márcia Maria N. Pressinotti (SMA/SP); Jair Santoro (SMA/SP);

RESUMO: Durante a década passada, entre os anos de 1991 e 2000, registraram-se 141 ocorrências de escorregamentos de encostas e outros processos de movimentos gravitacionais de massa no litoral norte paulista, resultando em 13 vítimas fatais e significativos danos econômicos à população. Este trabalho apresenta uma análise dos totais de chuva dessas ocorrências, associada ao estudo pluviométrico da área ao longo de 29 anos.
Palavras-chave: pluviometria, litoral norte paulista, movimentos gravitacionais de massa, variabilidade pluvial, escorregamentos.

ANALISE SINÓTICA DE UM CICLONE EXTRATOPICAL QUE ATINGIU A CIDADE DE PELOTAS – RS

Fernandes, D. S. (UFPel); Pinto, L. B. (UFPel); Campos, C. R. J. (UFPel)

RESUMO: Um ciclone extratropical foi observado na costa do Rio Grande do Sul no dia 07/05/2004. Durante este evento ocorreram chuvas intensas que ocasionaram a pior enchente que a cidade de Pelotas sofreu em 30 anos, causando muitos transtornos para a população e, deixando muitos flagelados. No mês de maio para a cidade de Pelotas a precipitação normal é de 100,7 mm, sendo que durante a ocorrência do evento, em 24 horas foi registrado um total de precipitação maior do que 200 mm. O ciclone formou-se devido à intensificação em baixos níveis de um cavado, que estava localizado sobre o Paraguai, norte da Argentina e sul do Brasil, associado a forte convergência de ar quente e úmido que alimentou o sistema.

Palavras-chave: ciclone extratropical, enchentes, sistemas convectivos de mesoescala.

ESCORREGAMENTOS ASSOCIADOS AOS ALTOS ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS OCORRIDOS NO MÊS DE JANEIRO DE 2004 NA CIDADE DE VITÓRIA /ES

Souza, Jaime Mesquita de (UFES); Castro Júnior, Rodolfo Moreira de (UFES); Gomes, Elton Salaroli (Prefeitura Municipal de Vitória); Carone, Taisa Salvador (UFES).

RESUMO: A cidade de Vitória, capital do Espírito Santo, apresentou no último mês de janeiro grandes índices pluviométricos que desencadearam um volume incomum de ocorrências de escorregamentos. A quase totalidade de escorregamentos foi concentrada no inicio do mês de janeiro, entre os dias 3 e 6, onde registrou neste intervalo temporal 192,6 mm de chuva.Tais escorregamentos foram correlacionados com os índices pluviométricos acumulados até momento do evento. Serão discutidos os 4 maiores índices pluviométricos e ocorrências associadas. Estes dados fazem parte do Projeto Mapenco (Mapeamento Geológico-Geotécnico das Encostas do Município de Vitória).
Palavras–chave: escorregamentos, correlação entre pluviosidade e chuvas e geologia estrutural.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS ANTROPOGÊNICAS NO SUDESTE DA AMÉRICA DO SUL

Reinaldo Haas (UFSC).

RESUMO: Neste trabalho, é feita uma revisão crítica de artigos sobre o aquecimento global. A ênfase é dada sobre o sudeste da América do Sul. Os artigos analisados baseiam-se em modelos de circulação geral da atmosfera (GCM) em uma atmosfera com o dobro de CO2, na análise de dados de freqüência e intensidade dos ciclones extra-tropicais e em dados de temperatura na superfície. Os artigos mostram uma diminuição da freqüência dos ciclones extra-tropicais de fraca e média intensidade em ambos hemisférios, em função da diminuição jato subtropical, associado à diminuição do gradiente de temperatura polo-equador. Assim, este fato pode provocar uma diminuição da precipitação associadas a sistemas frontais. Contudo, a freqüência do ciclones extra-tropicais mais intensos pode ser aumentada em alguns locais, em função da liberação de calor, em uma atmosfera com maior quantidade de umidade. Os estudos observationais mostram pequenas mudanças da freqüência dos cyclones extra-tropicais no hemisfério sul, mas não no HN. Entretanto, os estudos sobre a temperatura de superfície mostram o oposto. Talvez os dados da temperatura do hemisfério sul sejam insuficientes. Neste contexto, a hipótese que o furacão Catarina a seja um sinal das mudanças globais é analisado.

Palavras-chaves: mudanças climáticas antropogênicas, sudeste da América Sul, modelos de circulação geral, ciclones extra-tropicais, climatologia da precipitação.

ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS NAS COMUNIDADES CATARINENSES MAIS ATINGIDAS PELO CICLONE CATARINA

Isabela Pena Viana de Oliveira Marcelino (UFSC); Silvia Midori Saito (UFSC); Emerson Vieira Marcelino (UFSC); Roberto Fabris Goerl (UFSC); Gustavo Souto Fontes Molleri (UFSC).

RESUMO: A passagem do ciclone Catarina na região sul do Estado de Santa Catarina provocou elevados prejuízos sócio-econômicos. O presente artigo tem como objetivo analisar os questionários aplicados nas comunidades mais atingidas pelo ciclone Catarina, enfocando o perfil dos entrevistados, as características das moradias e a percepção sobre o fenômeno. Para isso foram aplicados 161 questionários nos 15 municípios mais atingidos pelo fenômeno, contendo perguntas objetivas e subjetivas. As comunidades mais afetadas eram de baixa renda e os tipos de danos mais freqüentes foram os destelhamentos e destruição dos telhados. Nas áreas rurais, os tipos de cultivos mais afetados foram às plantações de bananas, de arroz e de milho. Os municípios mais afetados foram os localizados no litoral. Quanto à percepção dos moradores em relação à passagem do fenômeno, houve um consenso quanto à presença de chuvas intensas, de longa duração e acompanhadas por fortes ventos. A intensidade dos ventos diminuiu do litoral para o interior da planície costeira e o período de duração dos ventos mais fortes foi de 00:00 a 05:00h da manhã de domingo (28/03/2004).
Palavras-chave: percepção, ciclone, Santa Catarina.

CYCLONE CATARINA: INTENSITY MAP AND PRELIMINARY DAMAGE ASSESSMENT

Emerson Vieira Marcelino (UFSC); Frederico de Moraes Rudorff (UFSC); Roberto Fabris Goerl (UFSC); Isabela P. V. de Oliveira Marcelino (UFSC); Edson Fossatti Gonçalvez (UFSC).

ABSTRACT: This work aimed to elaborate an intensity map of cyclone Catarina and to make a preliminary damage assessment. The study area is situated on a coastal plain located between the South Atlantic Ocean and the steep slopes of Serra Geral on the southern region of Santa Catarina State (Brazil). The damage assessment and the intensity map were carried out based on a field survey, where 22 counties in Santa Catarina State were visited, covering more than 3,000 km of the affected area. The intensity map was generated by the interpolation of 260 GPS points, classified according to the overall scenario of damage. The most affected counties were Passo de Torres, Balneário Gaivota, and Balneário Arroio do Silva, all situated at the coast, where a great number of edifications were damaged and destroyed. These edifications were mainly non-engineering wood-framed and brick houses with concrete-asbestos tile roofs. As the cyclone displaced towards the interior its intensity diminished, showing a radial destruction pattern. Based on the damages, the cyclone Catarina's intensity can be classified as a class 3 according to the Saffir-Simpson scale.
Keywords: cyclone Catarina, intensity map, preliminary damage assessment.

ANÁLISE GEOGRÁFICA DO TORNADO OCORRIDO NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC EM 31/01/1999

Isabela P. V. de Oliveira Marcelino (INPE); Nelson Jesus Ferreira (INPE); Iara Nocentini André (INPE).

RESUMO: A ocorrência de tempestades severas é comun em diferentes partes do globo. Quando estes fenômenos extremos atingem a sociedade causando danos passam a ser denominados de desastres naturais. No Brasil, especificamente no Estado de Santa Catarina anualmente há registros de desastres naturais de origem predominantemente atmosférica. Dentre os episódios que se tem verificado os tornados e trombas d'água estão sendo visto com certa freqüência no estado. Analisar de maneira integrada estes episódios auxiliam no melhor entendimento da sua gênese e das suas consequências. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar, de forma geográfica, a ocorrência de um episódio de tornado ocorrido no município de Joinville-SC em janeiro de 1999. Para tanto, foram utilizadas para análise meteorológica dados do modelo NCEP, imagens do canal infravermelho do satélite GOES-8 e cartas da hipsometria e cobertura e uso do solo do Estado de Santa Catarina. Com isso, verificou-se que o sistema atmosférico que gerou este tornado foi um Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) associado a circulação da Alta da Bolívia e ao Anticiclone no Oceano Atlântico em altos níveis, e escoamento de noroeste transportando calor e umidade da Amazônia para Santa Catarina em baixos níveis. A configuração do relevo semicircular que circunda o município de Joinville e a presença de floresta ombrófila densa na região podem ter contribuído para a intensificação das células convectivas locais.
Palavras-chave: tornado, análise geográfica, Joinville /SC.

CLIMATOLOGIA DAS GEADAS EM SANTA CATARINA

Debora Aguiar (UFSC); Magaly Mendonça (UFSC).

RESUMO: As ocorrências de geadas além de perdas na agricultura podem gerar problemas econômicos e sociais, principalmente se os danos à produção repercutirem no preço dos alimentos. Santa Catarina é um dos estados mais atingidos por este tipo de fenômeno, seja de forma positiva ou negativa, pois a agricultura representa importante setor da economia do estado. Este trabalho tem como objetivo realizar uma climatologia das ocorrências de geadas em Santa Catarina, analisando sua distribuição espaço-temporal ao longo do período de 24 anos. Para tanto, foram utilizados dados cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos (CLIMERH). Verificou-se que as geadas atingem com maior freqüência as mesorregiões Planalto Sul, Meio Oeste, Planalto Norte e porção nordeste da Mesorregião Oeste. Estas ocorrências estão relacionadas às invasões polares mais rápidas e intensas. O período de maior freqüência do fenômeno ocorre de maio a setembro. Além disso, verificou-se que no estado em anos de La Niña houve maior freqüência de geadas do que nos anos normais e de El Niño.

Palavras-chave: geada, climatologia, Santa Catarina.

DISTRIBUIÇÃO DOS DESASTRES NATURAIS NO ESTADO DE SANTA CATARINA: ESTIAGEM (1980 – 2003)

Edson F. Gonçalves (UFSC); Gustavo Souto Fontes Molleri (UFSC); Frederico de Moraes Rudorff (UFSC).

RESUMO: Estiagem é considerada atualmente um dos desastres naturais de maior ocorrência e impacto no mundo. Isto se deve ao fato de que ela ocorre em longos períodos e abrange grandes áreas, influenciando nos regimes hídricos e conseqüentemente causando prejuízos para a economia (agricultura, pecuária e geração de energia) e para o bem estar da sociedade (qualidade de vida). O Estado de Santa Catarina vem constantemente sofrendo grandes prejuízos com a estiagem. No período de 2003/2004, ocorreu uma das estiagens mais longas e mais prejudiciais, registrando-se um número recorde de municípios que decretaram situação de emergência no Estado (aproximadamente de 46%). O presente trabalho visa fornecer uma visão abrangente do fenômeno, identificando alguns dos seus principais condicionantes físico-estruturais e sócio-econômicos., quando finalmente é realizada uma análise espacial e temporal das ocorrências de estiagem em Santa Catarina no período 1980 – 2003. E posteriormente, em referência ao período de 2003/2004, é realizado um levantamento dos prejuízos e danos gerados.
Palavras–chave: Estiagem, Seca, Distribuição, Santa Catarina.

CHUVAS TORRENCIAIS NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Péricles Alves Medeiros (UFSC); Nerilton Nerilo (Eng. da RTK Consultoria Ltda);
Ademar Cordero (FURB).

RESUMO: Para todo o estado de Santa Catarina, os dados da chuva máxima diária de cada ano da série, e as precipitações anuais de 1923 a 1997, foram obtidos na EPAGRI. O número total de estações pluviométricas foi de 202. O método das relações entre chuvas de diferentes durações foi utilizado. Um adequado traçado de isoietas permitiu a visualização das chuvas intensas e anuais para todo o estado de SC. As zonas mais críticas foram claramente detectadas.
Palavras Chave: chuvas intensas, chuvas torrenciais, pluviometria, isoietas.

OCORRÊNCIAS DE GRANIZO NO ESTADO DE SANTA CATARINA

Isabela P. V. de Oliveira Marcelino (UFSC); Magaly Mendonça (UFSC); Frederico de Moraes Rudorff (UFSC).

RESUMO: As ocorrências de granizo geram consideráveis perdas econômicas e sociais todos os anos no território brasileiro. Santa Catarina é um dos estados mais atingidos por este tipo de fenômeno, que ocasiona consideráveis perdas materiais e agrícolas no estado. Este trabalho tem como objetivo realizar uma climatologia das ocorrências de granizo em Santa Catarina, analisando sua distribuição espacial e temporal ao longo do período de 24 anos. Para tanto, foram utilizados dados do Relatório de Avaliação de Danos (AVADAN) da Diretoria Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina (DEDC-SC), onde estão registrados os episódios de granizo que causaram prejuízos sócio-econômicos aos municípios catarinenses. Verificou-se que a mesorregião em que mais ocorre precipitação de granizo é a Oeste Catarinense, seguida do Planalto Norte. Estas ocorrências estão relacionadas com os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), atuando de forma intensa principalmente no oeste, e com a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que interfere com mais freqüência e intensidade o planalto norte do estado. Os meses mais propícios para a formação destes eventos são os da primavera, e em seguida os meses do inverno, confirmando a atuação dos CCMs e dos sistemas frontais intensos, respectivamente. Além disso, em anos de El Niño houve uma maior freqüência de granizo no estado se comparado com os anos normais e de La Niña.
Palavras-chave: granizo, climatologia, Santa Catarina.

Eixo Temático 5

POLÍTICAS E ATUAÇÕES DOS ÓRGÃOS PÚBLICOS LIGADOS ÀS ÁREAS DE RISCO

PAVÓN ARRIBA, LO QUE EL VIENTO SE LLEVÓ

Gustavo C. Balbastro; Victorio E. Sonzogni.

RESUMEN: En el mes de noviembre de 2003, una tormenta destruyó prácticamente la totalidad de los galpones y silos de varias poblaciones del sur de la provincia de Santa Fe, siendo Pavón Arriba el pueblo más afectado. Aunque no hubo que lamentar víctimas por esta destrucción, es necesario preguntarse el origen de la vulnerabilidad de las mismas, para evitar la repetición de estos desastres. En la presente ponencia se exponen los resultados y las conclusiones de un relevamiento efectuado sobre el terreno, así como se realizan propuestas para prevenir este tipo de situaciones.
Palabras-claves: viento, desastres naturales, prevención de riesgos.

LA CATÁSTROFE DE SANTA FE

Silvia A. C. Doldán

RESUMEN: En el mes de abril del año 2003 la ciudad de Santa Fe sufrió una catástrofe considerada el peor desastre natural de la Argentina: la crecida del Río Salado, que inundó grandes áreas tanto de la provincia como de la ciudad, causando cuantiosos daños sociales y materiales. Las altas precipitaciones que se produjeron en la cuenca del río provocaron una masa hídrica que se propagó con caudales del orden de 3100 m^3/s y velocidades superiores a 2,5 m/s produciéndose el pico de la creciente entre los días 29 y 30 de abril. La emergencia hídrica declarada a partir de esta creciente del río Salado afectó en forma directa a 104.070 habitantes de la ciudad, lo cual representa un 27% del total de la población. Oficialmente los muertos totalizaron 26, a lo que hay que sumar 67 desaparecidos. La cantidad de viviendas afectadas está estimada en 27.928, teniendo en cuenta las 20 vecinales afectadas en la totalidad de su jurisdicción y otras 9 que sufrieron anegaciones parciales. Un estudio realizado señala que las pérdidas a causa de la catastrófica inundación ascenderían a la suma de 1.500 millones de dólares. El objetivo de este trabajo es reflejar la situación que se vivió con motivo del desastre natural que abatió a la provincia; hacer una evaluación de las consecuencias tanto sociales como económicas y de las acciones que deberían emprenderse a fin de que una tragedia como esta no vuelva a producirse.
Palabras-clave: inundación, Río Salado, catástrofe.

PAPEL DA COMUNIDADE E DA UNIVERSIDADE NO GERENCIAMENTO DE DESASTRES NATURAIS

Masato Kobiyama (UFSC); Tatiane Checchia (UFSC); Roberto Valmir da Silva (UFSC); Paulo Henrique Schröder (UFSC); Ângela Grando (UFSC); Gisele Marilha Pereira Reginatto (UFSC).

RESUMO: Os desastres naturais no Brasil têm sido tratados de forma segmentada entre os diversos setores da sociedade. Nos últimos anos vem ocorrendo uma intensificação dos prejuízos causados por estes fenômenos devido ao mau planejamento urbano. Ações integradas entre comunidades e universidades são fundamentais para que sejam mitigados os efeitos dos desastres naturais. As universidades devem contribuir na compreensão de diagnósticos dos desastres naturais e seus mecanismos através de monitoramento e modelagem. Estas informações devem ser repassadas à sociedade, que de forma organizada deve agir para minimização dos danos provocados por estes. Do ponto de vista local, sugere-se a criação de grupos compostos por vizinhos capacitados para agir durante as fases de pré-evento, durante e depois do evento, auxiliando os órgãos municipais de defesa civil.
Palavras-chave: gerenciamento de desastres naturais, grupo de auto-defesa para desastres naturais, pesquisa científica.

FORMAÇÃO DE NUDEC´S - TREINAMENTO PARA POPULAÇÃO RESIDENTE EM ÁREAS SUJEITAS A DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA SUBPREFEITURA DE M´BOI MIRIM, MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

Jaime Mesquita de Souza (UFES); Genice Leite dos Santos (PMSP); Gislânia Dantas Diniz (PMSP).

RESUMO: O treinamento da população residente em áreas de risco mostra-se como uma arma importante na prevenção contra deslizamentos. Este treinamento repete-se pelo segundo ano consecutivo, com grande sensibilização dos órgãos ligado a saúde. Estes órgãos, representados nos treinamentos pelos agentes comunitários de saúde, foram o público alvo deste segundo ano de treinamento. Por fim serão discutidos alguns aspectos, positivos e negativos, pertinentes ao eixo temático que versa sobre políticas e atuações dos órgãos públicos na questão do risco.
Palavras–chave: treinamento, políticas para prevenção de riscos e ações preventivas.

FAVELAS EM ÁREAS DE RISCO NO MUNICÍPIO DE CAMPOS DO JORDÃO-SP: A DICOTOMIA ENTRE AS POLÍTICAS PÚBLICAS E A REALIDADE

Artur Rosa Filho; Ana Tereza Cáceres Cortez.

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo analisar a dicotomia entre as políticas públicas e a realidade do poder executivo municipal no tocante às favelas situadas em áreas de risco no município de Campos do Jordão-SP numa visão sistêmica em Geografia. O Município de Campos do Jordão, com uma área de 269km², está situado a Leste do Estado de São Paulo, ocupando parte do reverso da Serra da Mantiqueira. Suas altitudes, que variam entre 1600 e 2000m, as características climáticas, a flora, suas configurações geomorfológicas e paisagísticas definem o conjunto significativo e que marcou a origem e o destino da cidade. Surgidas na paisagem urbana no final do século XIX, as favelas começaram a marcar espaço e a trajetória das cidades somente nos anos 30. Este estudo se justifica, pois as favelas em seu processo de organização espacial ao se localizarem em encostas devastam florestas; em mangues, os transformam em pântanos; nas várzeas dos rios, alteram o seu equilíbrio, poluem as águas e, principalmente, conduz à degradação das condições de existência de grandes segmentos populacionais, inclusive a da própria população favelada. Elegeu-se a questão da moradia em favelas em áreas de risco, pois entende ser este um dos elementos relevantes para examinar as condições de sobrevivência e reprodução da população brasileira. Devido às precárias condições econômicas e o baixo padrão de remuneração, os moradores se vêem obrigados a permanecerem nesses locais, num processo reiterado pelo poder público municipal.
Palavras-chave: favela, políticas públicas habitacionais e segregação sócio-espacial, área de risco.

VULNERABILIDAD INSTITUCIONAL Y DESASTRES *NATURALES*. ¿DEL MANEJO DE LOS DESASTRES A LA GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGO DE DESASTRES?

Diego Martín Ríos.

RESUMEN: A comienzos del siglo XXI, tanto en Argentina como en el resto de los países de Latinoamérica, se continúan ocultando las indiscutibles causas sociales de los desastres naturales. Desde los ámbitos de poder, se culpabiliza a la naturaleza y se aleja a la sociedad de toda responsabilidad, situándola como víctima pasiva de los desastres naturales. De esta forma, se diluyen los niveles de responsabilidad de los actores sociales que participan de la construcción social del riesgo de desastres; entre los cuales el Estado es uno de los que tiene mayor incumbencia. Es por ello que este trabajo aborda los aspectos sociales que participan en la construcción de dichos escenarios, focalizando en aquellos que forman parte de la vulnerabilidad institucional presentes en nuestras sociedades no desarrolladas. Como contrapartida del actual contexto ineficiente de manejo de los desastres, se presenta una propuesta de gestión integral del riesgo (alternativa y superadora de la situación actual), la cual fue elaborada por una institución académica y de gestión de prestigio sobre estos temas en Latinoamérica. En este trabajo se cuestiona la posibilidad de que dicha propuesta pueda llevarse a cabo en un contexto de crisis institucional en la sociedad argentina actual. Para lo cual se efectúa una aproximación a la situación de vulnerabilidad institucional en el nivel de gestión local del manejo de los desastres para la provincia de Buenos Aires, focalizando el análisis en algunos de los impedimentos que obstruyen la posibilidad de aplicación de la antedicha propuesta: las concepciones y prácticas que las instituciones encargadas del manejo de los desastres tienen sobre los mismos y, el grado de participación que las mismas otorgan a los actores sociales comunitarios en la toma de decisiones sobre estos asuntos.
Palabras-clave: desastres naturales, manejo de desastres, gestión integral del riesgo, vulnerabilidad institucional, participación comunitaria.

A COMUNIDADE DE PRÁTICA DE RISCOS GEOLÓGICOS

Eduardo Soares de Macedo (IPT); Marcelo Fischer Gramani (IPT); Kátia Canil (IPT).

RESUMO: Este artigo apresenta a Comunidade de Prática Riscos Geológicos, montada pelo IPT, com apoio da ABIPTI e aberta a todos os interessados no tema. Trata-se de um espaço virtual de encontro, discussão e disponibilização de materiais entre os membros da comunidade. Foi desenvolvida ferramenta de web para hospedar e gerenciar a comunidade, com várias funcionalidades dentre as quais notícias, eventos, biblioteca, links, fórum de discussão, perguntas e respostas e perfil de participantes. A comunidade, embora tenha um bom número de participantes, ainda conta com uma pequena interação entre seus membros. No texto se descreve formas de incentivar essa participação.
Palavras-chave: riscos geológicos, comunidade de prática, gestão do conhecimento.

MODELOS DE FICHAS DESCRITIVAS PARA ÁREAS DE RISCO DE ESCORREGAMENTO, INUNDAÇÃO E EROSÃO

Eduardo Soares de Macedo (IPT); Agostinho Tadashi Ogura (IPT); Kátia Canil (IPT); Gerson Salviano Almeida Filho (IPT); Marcelo Fischer Gramani (IPT); Fabiana Checchinato Silva (IPT); Alessandra C. Corsi (IPT); Fabrício Araújo Mirandola (IPT).

RESUMO: Este artigo apresenta modelos de fichas de cadastro de áreas com risco de escorregamentos, erosão e inundação. Estas fichas foram sendo desenvolvidas pelas equipes do IPT ao longo de vários trabalhos e com a contribuição de experiências de outras equipes.
Palavras-chave fichas de cadastro, escorregamento, erosão, inundação.

PLANO PREVENTIVO DE DEFESA CIVIL (PPDC) PARA DESLIZAMENTOS, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

Eduardo Soares de Macedo (IPT); Jair Santoro (IG); Regina Elsa Araújo (REDEC).

RESUMO: Este artigo apresenta o Plano Preventivo de Defesa Civil específico para escorregamentos. Esse Plano é operado em 51 cidades do estado de São Paulo, que se localizam na Baixada Santista, Litoral Norte, Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e regiões de Campinas, Sorocaba e ABCD. O sistema tem como pressuposto a chuva como principal agente deflagrador. A partir daí, as correlações chuva x escorregamentos foram montadas obtendo-se valores acumulados em 3 dias que variam entre 80 e 120mm dependendo da região. A partir do acompanhamento desse parâmetro, as equipes realizam vistorias nas áreas de risco à procura de indícios de instabilidade das encostas e taludes. A ocorrência desses indícios deflagra a remoção preventiva e temporária da população afetada. O sistema tem apresentado bons resultados, desde a sua implantação em 1988.

CONTRIBUIÇÕES DO CEPED/UFSC E DA DEFESA CIVIL/SC NA PREVENÇÃO E REDUÇÃO DE DESASTRES: O CASO DO CURSO DE CAPACITAÇÃO A DISTÂNCIA PARA O CODESUL

Marcos Dalmau (UFSC); Valter Zanela Tani (UFSC); Irapuan Paulino Leite (UFSC); Amir Mattar Valente (UFSC).

RESUMO: A Defesa Civil vem desenvolvendo ações voltadas para a capacitação da sociedade para atuar na prevenção a desastres, assim como na minimização do risco. Para tanto, foi idealizado um curso piloto, com tecnologia de educação a distância, para 1500 participantes do CODESUL. Tal curso foi planejado para atender as necessidades da Defesa Civil, sendo compatibilizado conforme as características do público-alvo desejado. No decorrer do projeto foram idealizadas estratégias para divulgação, assim como para a assimilação de conteúdos e a realização de exercícios. Além disso, foi necessário planejar uma estrutura de assistência aos participantes, visando estimulá-los a estudar, mediante utilização de ferramentas de EAD. Nesse sentido, este artigo tem como intuito apresentar uma experiência bem sucedida aplicada à Defesa Civil do Estado de Santa Catarina realizada pelo CEPED e pelo Grupo de Ensino a Distância da Universidade Federal de Santa Catarina.
Palavras-chave: defesa Civil, desastres, educação a distância.

AS BARRAGENS E AS ENCHENTES

Rogério de Abreu Menescal (CODEVASF); Antônio Nunes de Miranda (CODEVASF); Ernesto da Silva Pitombeira (CODEVASF); Daniel Sosti Perini (CODEVASF).

RESUMO: Desastres naturais, principalmente os relacionados com a água, sempre ocorreram, contudo, o crescimento demográfico associado à degradação do meio ambiente, faz com que esses desastres tomem proporções gigantescas, com um elevado custo social, econômico e ambiental. Este trabalho apresenta uma metodologia para o diagnóstico da segurança de barragens no território nacional, associa-o aos eventos naturais, como enchentes, e reporta a situação atual dos trabalhos, bem como as futuras ações a serem tomadas. Refere-se ao projeto de cadastramento de barragens, as quais atendam a critérios pré-definidos pelo Ministério da Integração Nacional, através de preenchimento de ficha cadastral elaborada de forma a propiciar informações valiosas para o trabalho de prevenção de emergências. Trata também da apresentação da metodologia para a inspeção de barragens, as quais não possuam uma metodologia própria, apresentada através de ficha de inspeção acompanhado do respectivo manual.
Palavras-chave: barragem, segurança de barragens, eventos extremos.

O PLANEJAMENTO URBANO DA CIDADE DE BLUMENAU PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NAS ENCOSTAS DOS MORROS E ÁREAS DE RISCO

Amanda Carolina Máximo; Sonia Afonso.

RESUMO: O processo de ocupação dos morros da cidade de Blumenau, no que se refere às ocupações irregulares e aos assentamentos clandestinos pela população de baixa renda, tem gerado situações de risco e áreas susceptíveis a deslizamentos de terra e enxurradas. Desde 1977, com as fortes chuvas que se abateram sobre a cidade, as primeiras preocupações já foram anunciadas. Foi o caso do Ribeirão da Velha, onde o processo de erosão já se considerava crítico. O presente artigo pretende discutir, frente a esta realidade, as ações de políticas públicas e as intervenções que têm sido feitas atualmente pela Prefeitura da cidade de Blumenau. Nesse sentido, estaremos verificando de que forma as administrações públicas estão agindo em relação às ocupações nas áreas de risco naturais, nas encostas de morros e fundos de vale, e como estas intervenções estão melhorando a qualidade de vida das comunidades.

IMPACTOS AMBIENTAIS E AVALIAÇÃO DOS RISCOS NA EXPLORAÇÃO DE AMETISTA NA REGIÃO DO ALTO URUGUAI – RS

JOSÉ EDUARDO WINTER[1]
MÁRCIA BOSCATO GOMES[1]
ROBERTO VERDUM[1]

[1]Instituto de Geociências – UFRGS
Av. Bento Gonçalves, 9500 – CEP 91501-970
Porto Alegre RS – Brasil
winter@fffcmpa.tche.br; marcia.boscato@ufrgs.br; verdum@ufrgs.br

WINTER, J. E.; GOMES, M. B.; VERDUM, R. Impactos ambientais e avaliação dos riscos na exploração de ametista na região do Alto Uruguai – RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 1-13. (CD-ROM)

RESUMO
A região do Alto Uruguai é conhecida pela produção de ametista, que constitui um dos principais recursos minerais do Rio Grande do Sul. Nesta região, um pacote de aproximadamente 358 m de espessura é formado pelo empilhamento de 12 derrames basálticos com geometria aproximadamente tabular que se estendem horizontalmente por toda a área e constituem a Formação Serra Geral da Bacia do Paraná. A mineralização ocorre na forma de geodos que são explorados em garimpos subterrâneos na região de Ametista do Sul – Planalto e a céu aberto através de trincheiras na região do Distrito de Getúlio Vargas. Na região de Ametista do Sul – Planalto o principal bem mineral explorado é a ametista, ocorrendo secundariamente calcita e selenita. O mineral principal na região d distrito de Getúlio Vargas é a calcita. As feições de relevo encontradas na área abrangem compartimentos de topo, que apresentam relevos tabulares, colinas e vales, onde ocorrem processos de dissecação do relevo. Nas encostas onde há os traps e colinas, onde ocorrem movimentos de massa rotacionais, ravinas, fluxos de detritos e rastejo. Nos vales, onde aparecem colinas, terraços aluviais e planícies aluviais há assoreamento de nascentes e fundos de vales.
Palavras-chave: ametista, impacto ambiental, Alto Uruguai, movimentos de massa e geomorfologia.

AMBIENTAL IMPACT AND EVALUATION OF DANGER IN THE EXPLORATION OF THE AMETHYST IN THE REGION OF ALTO URUGUAI – RS

ABSTRACT
The Alto Uruguai region is wordwide know by the amethyst production, one of the most important mineral resources of Rio Grande do Sul State. A 358 m thick volcanic sequence is composed by 12 flow units, tabular and approximately horizontal in all area, that constitutes de Serra Geral Formation of the Paraná Basin. In the Ametista do Sul - Planalto region the mineralization occurs as geodes that are mines in galleries, while in the Getúlio Vargas district the mines are sub aerial. Amethyst predominates in the Ametista do Sul – Planalto region, secundary there are calcite and selenite. The principal mineralation of District Getulio Vargas is the calcite. The geomorphology of the area consists on compartiments of top with tabular relief, hills and valley, where processes of dissecation occur. In the hillside with traps and hills where rotation land slide, hills, debris flows and creeps occur. In the vales with hills and alluvial plans where occur assoreament de source and funds of valley.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do assunto

A região estudada neste projeto faz parte do Distrito Mineral do alto Uruguai que é caracterizado por constituir um depósito mineral cujo principal bem explorável é a ametista, ocorrendo secundariamente calcita, gipsita, ágata, cristal de rocha e zeolita, tornando o estado do Rio Grande do Sul o maior exportador brasileiro de gemas lapidadas

com US$ 13.939,000 e de obras e artefatos de pedra com US$ 5.164.000. O Estado também é o segundo maior exportador Brasileiro de gemas brutas (US$ 12.145.000), logo após o Estado de Minas Gerais. (Dados CPRM 2001).

Para o presente trabalho, o Distrito Mineral do alto Uruguai, pode ser dividido em duas regiões distintas: A região de Ametista do Sul – Planalto e a região do distrito de Getúlio Vargas. A região de Ametista do Sul – Planalto tem como característica principal a mineralização de gemas de ametista que são exploradas em galerias subterrâneas. Na região do distrito de Getúlio Vargas a mineralização principal é a calcita e a sua exploração ocorre em minas a céu aberto.

As duas regiões apresentam ainda distinção quanto à deposição dos rejeitos. Na região de Ametista do Sul – Planalto, estes são depositados principalmente em encostas dos morros enquanto que na região de Getúlio Vargas a deposição ocorre no próprio local de extração mineral, recompondo as trincheiras abertas para a exploração.

1.2 Localização da área de estudo

A área de estudo abrange os municípios de Frederico Westphalen, Ametista do Sul, Planalto e Iraí, todos situados na região do Alto Uruguai, no estado do Rio Grande do Sul.

2. METODOLOGIAS EMPREGADAS

2.1 Atividades de laboratório pré-campo.

2.1.1 Elaboração de Modelo Numérico de Terreno

O Modelo Numérico de Terreno (MNT) foi gerado a partir da base de dados do projeto SRTM/NASA-NIMA 2001, imageados por interferometria com *3-arc second* de resolução (um ponto a cada 90 metros). Os modelos numéricos de terreno foram gerados com interpolação de dados em Surfer 8.0, mantendo o intervalo de dados de 90 metros, com o método *kriging* isotrópico com zona de influência de 1000 metros. A geologia foi elaborada a partir do modelo numérico de terreno, com o limite dos derrames baseado em cotas topográficas planas.

2.1.2 Análise de fotografias aéreas

Foram interpretadas fotos aéreas na escala 1: 60.000, com o objetivo de determinar estruturas e falhamentos; superfícies de mesma cota; elementos de geomorfologia como: vertentes, vales e drenagens.

Localização de prováveis áreas de deposição de rejeitos, através da análise de fotos aéreas comparadas com a topografia, digitalizadas a partir das cartas topográficas.

2.2 Trabalhos de campo

Observação em campo de possíveis impactos que ocorram em Ametista do Sul e fazer um estudo comparado entre os derrames de Getúlio Vargas que apresentam características distintas.

Observação em campo de ocorrência de impactos visuais decorrentes de alteração morfológica, analisando a geração de rejeitos e seu volume estimado em campo.

2.2.1 Mapeamento dos depósitos minerais

Foram caracterizados 4 depósitos minerais nas duas áreas de exploração: Garimpo Zanon na região de Getúlio Vargas; Garimpos Ganzer, Barros e Linha da Curva na região de Ametista do Sul-Planalto.

Foi feita amostragem das rochas representativas de cada garimpo para a sua caracterização petrográfica.

2.2.2 Caracterização dos impactos gerados pela deposição dos rejeitos

Para o reconhecimento dos impactos ambientais nos garimpos foram utilizadas as seguintes metodologias:

- Reconhecimento e identificação de processos de movimento de massas e assoreamento de drenagens;
- Estudos e registros fotográficos feitos em campo;
- Reconhecimento dos impactos visuais negativos;
- Interpretação de fotografias de campo;
- Identificação e localização dos rejeitos nas cartas topográficas e fotos aéreas;
- Riscos à infra-estrutura humana construída: casas, depósitos e estradas.

2.2.3 Questionários à comunidade ligada às atividades garimpeiras

Foi aplicado, junto à comunidade local ligada de alguma forma à extração garimpeira, um questionário visando principalmente, através de suas impressões, apontar as divergências relacionadas a impactos ambientais e procurar alternativas ou soluções locais ligadas a problemática ambiental causada pela deposição dos rejeitos.

2.2.4 Interpretação dos registros fotográficos de campo

O registro fotográfico auxilia na compilação de dados para o relatório final deste projeto, salientando aspectos relacionados a descrição e comparação de derrames, bem como, a identificação e demonstração de impactos e riscos ambientais da

3. CARACTERIZAÇÃO DAS JAZIDAS, GEOMORFOLOGIA LOCAL E IMPACTOS AMBIENTAIS

3.1 Jazidas da região de Ametista do Sul – Planalto

3.1.1 Garimpo Barros: Localização - coordenadas UTM: 290698/6974190

A mineralização neste garimpo ocorre em "galerias subterrâneas", que foram inicialmente escavadas por máquinas e prosseguem num mesmo nível topográfico na direção do interior da rocha basáltica.

A ametista é o principal bem mineral da jazida, havendo ocorrência secundária de calcita e gipsita . Os geodos de ametista estão dispostos verticalmente na zona dos geodos, podendo atingir até 3 m de altura e em alguns casos podem ser biterminados. Apresentam formato sub-elípticos e tamanho e distribuição aleatórios.

3.1.2 Garimpo Ganzer: Localização - coordenadas UTM: 291674/6972689

As jazidas de Ametista do Sul – Planalto, ocorrem na forma de galerias subterrâneas horizontalizadas, escavadas inicialmente por máquinas escavadeiras, medindo aproximadamente 2 m de altura por 2 m de largura. Essas galerias estão sotopostas por um basalto fraturado com altura aproximada de 1 m.

Os geodos de ametista estão dispostos verticalmente na zona dos geodos, podendo atingir até 3 m de altura e em alguns casos podem ser biterminados.

Há ocorrência de ametista, calcita e gipsita neste garimpo

A ametista é o principal mineral do garimpo, havendo ocorrência secundária de calcita e gipsita.

3.1.3 Garimpo Linha da Curva: Localização - coordenadas UTM: 282655/6970634

O garimpo da Linha da Curva apresenta de um modo geral a mesma litologia e o mesmo tipo de ocorrência dos garimpos Ganzer e Barros, mas será detalhado, pois nele foi realizado o trabalho de geomorfologia devido às ótimas exposições do local.

3.2 Jazidas da região do distrito de Getúlio Vargas

3.2.1 Garimpo Zanon - Distrito de Getúlio Vargas: Localização: 271808/6977240

Neste garimpo, a mineralização é feita a partir de trincheiras a céu aberto. Apresenta como o principal bem mineral a calcita, com disposição preferencialmente horizontalizada, que ocorre em cavidades no nível vesicular do derrame e tem o seu preenchimento provavelmente associado à percolação de fluidos através de sistemas de

fraturamento da rocha. Este nível tem espessura média de 2 m e além das cavidades com formas irregulares e tamanhos variados (desde centimétricas até 1 – 1,5m). Ocorre, também, mais raramente a presença de geodos de ametista neste nível.

3.3 Geomorfologia local

O estudo e a análise da geomorfologia local, está baseado a partir dos quadros 1: Compartimentos do Planalto Meridional e Feições de Relevo e quadro 2: Compartimentos do Planalto Meridional e Feições de Relevo e Processos Geomorfológicos.

Quadro 1 – Compartimentos do planalto meridional e feições de relevo

COMPARTIMENTOS DE PLANALTO	FEIÇÕES DE RELEVO	
2° TAXON	**3° TAXON**	**4º TAXON**
Topo (605-380 m)	- Relevos tabulares - Colinas - vales	
Encosta (380-280 m)	- Traps - Colinas (colúvios e tálus)	- Colinas (depósitos de rejeitos)
Vale (280-220m)	- Colinas - Terraços fluviais - Planícies fluviais	

Fonte: Winter (2004).

Analisando o quadro 1, observa-se que o Planalto pode ser compartimentado em três unidades: topo, encosta e vale.

As cotas entre 605 e 380 m, caracterizam uma superfície de topo. As feições de relevo principais, apresentam morfologias de relevos tabulares e colinas, caracterizando-as como um compartimento em processo de dissecação, com o aprofundamento do vale.

As cotas ente 380 e 280 m, caracterizam uma superfície de declividade abrupta do Planalto, a encosta. Esta é caracterizada por morfologia na forma de degraus (traps), condicionados a estrutura dos derrames vulcânicos. Na meia-encosta e em sua base,

observam-se os depósitos (colúvios e tálus) que caracterizam as colinas ancoradas na encosta.

As cotas entre 280 e 220 m, demarcam uma nova ruptura de declive e, que caracteriza os fundos de vale. Dependendo de suas dimensões são encontradas feições do tipo colinas, na interface com a encosta, terraços e planícies fluviais em vales mais amplos.

O Bloco diagrama geomorfológico (figura 1), mostra os compartimentos do Planalto Meridional (topo, encosta e vale) espacializados, entre os municípios de Ametista do Sul, Frederico Westphalen e o Distrito Getúlio Vargas.

A partir da interpretação deste Bloco diagrama, observa-se que a leste do rio da Várzea, tendo como referência aproximada o eixo Ametista do Sul – Planalto e tendo como base a Carta topográfica de Planalto, observa-se que a superfície de erosão (topo), na cota entre 605 e 380 m, está alinhada numa direção NW-SE, sendo que, os vales apresentam-se, em grande parte, ortogonais a este alinhamento, dissecando-a. Com a dissecação dessa superfície observam-se relevos residuais (tabulares) que atingem cotas de até 605 m.

A Oeste do mesmo rio e tendo como referências carta topográfica de Frederico Westphalen, observa-se que a superfície de erosão (topo), está alinhada na direção W-E, sendo que, os vales também apresentam-se em grande parte ortogonais a este alinhamento, dissecando-a.

Figura 1: Bloco diagrama geomorfológico da Região do Alto Uruguai e localização de garimpos estudados

3.3.1 Processos Geomorfológicos: erosão e deposição.

No setor um de estudo, no vale da Linha da Curva, município de Ametista do Sul, existem processos geomorfológicos que são observados em associação com as áreas de deposição mineral.

Para relacionar as principais feições de relevo com os processos erosivos–deposicionais, optou-se por registrar dos pontos nas áreas de mineração denominados Garimpo da Linha da Curva e Garimpo Zanon no distrito Getúlio Vargas.

Como síntese interpretativa, que associa compartimentos, feições de relevo e processos geomorfológicos, apresenta-se o quadro 2.

Quadro 2 - Compartimento de planalto meridional, feições de relevo e processos geomorfológicos

COMPARTIMENTO DO PLANALTO	FEIÇÕES DE RELEVO	PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS
Topo	- Relevos tabulares - Colinas - Vales	- Dissecação do relevo
Encosta	- *Traps* - Colinas (colúvios e tálus)	- Movimentos de massa rotacionais - Ravinas - Fluxo de detritos - Rastejo
Vale	- Colinas (tálus) - Terraços fluviais e planícies aluviais	- Assoreamento de nascentes e fundos de vale

Fonte: Winter (2004).

A partir do quadro 2, observa-se a compartimentação do Planalto em unidades de Topo, Escarpa e Vale.

Na unidade de topo, há ocorrência de relevos tabulares, Colinas e Vales. Nesta está ocorrendo processo de dissecação do relevo.

A unidade de Encosta se caracteriza por apresentar feições de relevo, tais como traps, e colinas (colúvios e tálus). A partir dessas feições observam-se processos geomorfológicos tais como: Movimentos de massa rotacionais ocasionados por ravinamentos, Ravinas, Fluxo de detritos e rastejos.

A unidade de Vale apresenta feições de relevo, tais como: colinas, terraços aluviais e planícies aluviais. Nesta unidade, é possível observar, processos geomorfológicos tais como: assoreamento de nascentes e de fundos de vale.

Observações:

- Nos '*Traps* "e colinas (3º TAXON) das Escarpas (2º TAXON), ocorre a exploração mineral e a deposição dos rejeitos.
- Nas colinas, terraços fluviais e planícies aluviais (3º TAXON) dos vales (2º TAXON), ocorre deposição dos rejeitos.

Este estudo está basicamente inserido no 3º táxon, pois é nele que ocorrem alterações morfológicas com seu respectivo tempo histórico de geração, através da exploração mineral. Neste mesmo taxon ocorrem os depósitos tecnogênicos ou Quinário (Peloggia,1997), nos compartimentos de escarpas ('*traps"* e colinas) e no vale (colinas, terraços fluviais e planície aluvial).

A partir da síntese do quadro 2, observa-se que a atividade garimpeira, interfere no processo natural, produzindo efeitos geológicos e geomorfológicos no meio ambiente, tais como: modificações do relevo e alterações fisiográficas (forma) da paisagem, alterações na fisiologia (processo) das paisagens e na criação de depósitos superficiais correlativos do período geológico Quinário ou Tecnógeno (Pellogia, 1997).

Com relação às modificações do relevo e alterações fisiográficas da paisagem, podemos observar na região, áreas erodidas, áreas mineradas, terraplanagens e depósitos de rejeitos se caracterizando como novos tipos de depósitos tecnogênicos (Tec –Stepania, 1998, apud Pellogia, 1997) que resultam diretamente da atividade antrópica.

As alterações fisiológicas na região ficam por conta da indução ou intensificação da dinâmica natural, como o aumento das erosões e cargas sedimentares dos escorregamentos. A ação das atividades de garimpo, neste caso, intensifica uma tendência natural, acelerando processos erosivos e deposicionais, causando problemas de impactos ambientais negativos, tais como: ravinamentos, escorregamentos, fluxo de detritos, rastejos, escorregamento queda de blocos e assoreamento de nascentes e fundos de vale.

Os novos depósitos superficiais correlativos, ou a manipulação física dos solos e encostas com fins à mineração, poderão ser tratados como novos marcos estratigráficos. Logo a ação garimpeira, através de processos diretos na região, como escavações e minerações e processos indiretos como a intensificação de erosão, movimentos de massa e sedimentação, funciona como agente geológico modificador do modo de operação natural de processos geomorfológicos e na criação de novas formas de relevo, ou seja, essa

atividade promove a ruptura do equilíbrio natural, de uma maneira destrutiva, desenvolvendo um papel determinante na morfogênese regional, acarretando, consequentemente riscos diretos e potenciais relacionados a impactos ambientais.

As aberturas de frentes de lavras em encostas de morros, vêm acompanhadas de remoção de solo e terraplanagens, causando consequentemente o aumento da declividade e do gradiente hidráulico no compartimento de encosta.

3.4 Considerações sobre a deposição dos rejeitos e impactos ambientais relacionados:

3.4.1 Garimpos do Distrito Getúlio Vargas

a) Garimpo Zanon

A forma de deposição de rejeitos dos garimpos desta região, está diretamente relacionada a forma de extração da calcita. Nesta localidade, a extração é feita a partir de trincheiras, escavadas inicialmente por máquinas, e prosseguem adiante, geralmente com espessura correspondente à totalidade do nível de ocorrência, o que corresponde aproximadamente os 5 primeiros metros do derrame. A medida em que a frente de lavra vai avançando, os rejeitos acabam sendo recolocados gradativamente nas trincheiras, e posteriormente são recobertos por terra.

Impactos e riscos ambientais observados:

No garimpo Zanon, o avanço contínuo da mineralização, apresenta impacto paisagístico negativo e áreas de risco de desmoronamento, pondo inclusive em risco a segurança de benfeitorias e à estrada localizada ao lado do garimpo.

Baseado no estudo de Kopezinski (2000), verifica-se que a recuperação e a restauração da área do garimpo é praticamente impossível de ocorrer. A estrada que passa ao lado do garimpo, a moradia benfeitorias a beira do barranco, correm risco de desmoronamento. A reabilitação destas áreas só é possível a partir de investimentos de contenção dos avanços deste risco de movimento de massa. As áreas onde as trincheiras foram recobertas por rejeitos e aterros, podem ser reabilitadas para o uso da agricultura e pecuária, adotando-se as devidas medidas de recuperação da camada fértil do solo.

3.4.2 Garimpos da região de Ametista do Sul - Planalto

a) Garimpo Barros

Neste garimpo, os rejeitos são depositados em áreas situados a frente dos garimpos nas encostas dos morros.

Impactos e riscos Ambientais preliminarmente observados:

Neste garimpo, são identificados impactos ambientais tais como: a degradação paisagística do local no compartimento da escarpa e o assoreamento dos fundos de vales. Como medida para diminuição efeito de degradação paisagística, neste garimpo, foi utilizada a plantação de uma linha de árvores (eucaliptos) em frente ao garimpo. Esta medida é eficiente para esconder as galerias, porém é incapaz de diminuir a degradação paisagística causada pela deposição dos rejeitos.

a) Garimpo Ganzer

Neste garimpo, os rejeitos são depositados em áreas situados a frente dos garimpos, nas escarpas do planalto.

Impactos e riscos ambientais:

A mineralização deste garimpo oferece riscos de desmoronamento de blocos e árvores, degradação paisagística e assoreamento dos fundos de vale. O desmoronamento de blocos e árvores implica em risco de vida aos garimpeiros e às pessoas que vivem nas moradias próximas ao garimpo. Segundo o relato de garimpeiros, há casos de desmoronamento de blocos medindo aproximadamente 3 m de altura, ocorridos inclusive em horário de trabalho dos mesmos.

O escorregamento de material detrítico inicia-se à frente de algumas galerias e se estende morro abaixo. Estes rejeitos são compostos de fragmentos basálticos de vários tamanhos e contém alguns fragmentos de geodos de ametista, calcita, calcedônea, ágata e gipsita.

O aspecto relacionado a degradação ambiental é bastante visível neste garimpo, pois os rejeitos, a exemplo dos outros garimpos de Ametista do Sul, são depositados nas encostas dos morros.

Como iniciativa de minimizar a degradação paisagística neste garimpo, foram utilizados aterramentos de rejeitos, em frente às galerias e a plantação de árvores (Pinus).

c) Garimpos da Linha da Curva

Impactos e riscos ambientais preliminarmente observados:

Os rejeitos da encosta do morro deste garimpo, causam impacto visual negativo e oferecem risco de assoreamento de nascentes , tanto das nascentes situadas na escarpa como nos fundos de vale.

Na vertente oposta ao museu existem garimpos situados na mesma cota e que refletem vários problemas relacionados a impactos ambientais. Mesmo olhando a partir do mirante do museu, podemos observar problemas ambientais como: aspecto paisagístico negativo, escorregamentos de terra e ravinamentos.

Próximo a este garimpo foi possível verificar os impactos ambientais vistos do mirante do museu. Além destes impactos, observa-se que os rejeitos podem oferecem risco a moradias da região e acabam sucessivamente destruindo algumas áreas florestais

Por fim observamos ainda a partir deste garimpo outras áreas com escorregamento de massa e ravinamentos. Observa-se também neste garimpo uma tentativa de minimizar o impacto paisagístico através da plantação de árvores em cima de rejeitos aterrados.

3.5 Questionário a comunidade local para diagnóstico em percepção ambiental e exploração

Ao longo do trabalho de campo, foi aplicado, um questionário à comunidade local, com o objetivo de avaliar a percepção desta em questões relacionadas à importância econômica da mineração para a região; se a mineração viabiliza, ou não, outras atividades na região; aspectos relacionados à sensibilidade de impacto e se estes viabilizam ou não a exploração garimpeira, bem como alternativas quanto a utilização dos rejeitos da mineração.

Foi definido como público alvo, empresários, garimpeiros, lideranças sindicais e o poder público municipal, de tal forma que estivessem representadas as principais entidades de classe, ligadas à atividade mineradora.

A questão relacionada com o impacto ambiental, de um modo geral, é percebida pelos garimpeiros, entidades sindicais, empresários e pelo Poder Público Municipal, em relação a deposição de rejeitos nos morros e nas vertentes da região, porém "o impacto positivo é maior que o impacto negativo". O poder público incentiva o reflorestamento das regiões afetadas e a conscientização ambiental nas escolas. Há uma orientação, aos garimpeiros para que estes não agridam as matas virgens ou depositem rejeitos próximo às vertentes.

Os rejeitos, de acordo com a comunidade podem ser aproveitados como saibro e para o cascalhamento de estradas (esse deve ser refeito a cada dois anos). Alguns acreditam que possa ser utilizado como adubo. A orientação geral é que sejam recobertos para posterior utilização dessas áreas à atividade agrícola.

Percebe-se através da análise deste questionário e de um modo geral a comunidade local conhece bem as questões relacionadas a impactos positivos ou negativos das questões ambientais, bem como a importância econômica da atividade mineradora à região. Percebe-se também que existem boas iniciativas para a diminuição dos efeitos negativos dessa mineração ao meio ambiente. Porém é visível que o poder público, os empresários e as lideranças sindicais tendem a minimizar a verdadeira situação relacionada às questões ambientais. Para alguns deles os impactos negativos são insignificantes, pois, "o material se dissolve rapidamente".

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na região de Getúlio Vargas a mineralização ocorre em trincheiras a céu aberto, não tem a zona de topo fraturada e apresenta como produto principal a calcita. Os garimpos da região de Ametista do Sul apresentam mineralização em galerias subterrâneas, têm a zona de topo fraturada e o seu produto principal é a ametista.

Percebemos então que a deposição dos rejeitos destes garimpos causa impacto e riscos ambientais para a região como: impacto visual negativo, assoreamento de nascentes, escorregamentos de massa, rolamento de blocos, ravinamentos e riscos ambientais às moradias da região.

Algumas tentativas de diminuição dos impactos e riscos ambientais são verificadas na região, por exemplo, a plantação de linhas de árvores em frente das galerias dos garimpos e um crescente trabalho de conscientização na comunidade como a proibição de abertura de novas frentes de lavra que possam prejudicar as drenagens e a busca de alternativas para o uso dos rejeitos.

A tendência desta problemática ambiental é diretamente proporcional ao aumento da quantidade de garimpos, porém, a conscientização da comunidade e autoridades da região, aliada a estudos geológicos e ambientais podem diminuir este aspecto negativo e contribuir no futuro com medidas mitigadoras às questões ambientais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEL RIO, V; OLIVEIRA, L. **Percepção Ambiental**: a experiência brasileira. São Paulo: Editora Studio Nobel/UF São Carlos, 1996.

GOMES, M.E.B. **Mecanismos de Resfriamento, Estruturação e Processos Pós-magmáticos em Basaltos da Bacia do Paraná - Região de Frederico Westphalen (RS-**

Brasil). Tese de Doutorado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Brasil) e Universidade de Poitiers (França), 1996, 229p.

GOMES, M.E.B.; MEXIAS, A.S.; NEUMANN, M.H.; FORMOSO, M.L.L. Aspectos químicos e estratigrafia da seqüência vulcânica da Bacia do Paraná na região norte do Rio Grande do Sul. In: X Semana de Geoquímica / IV Congresso de Geoquímica dos Países de língua Portuguesa, **Actas**, 1997, p. 57-60.

GUIDO G.; NIEBLE, C.M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Edgard Blücher, 1994. 194p.

IBAMA. **Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração**: Técnicas de Revegetação. 1990.

KOPEZINSKI, I. **Mineração x Meio Ambiente**: Considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores. 2000.

PELOGGIA, A U. G. **O Homem e o Ambiente Geológico**: Geologia, sociedade e ocupação urbana no Município de São Paulo. 1998.

PELOGGIA, A U.G. A Ação do Homem enquanto Ponto Fundamental da Geologia no Tecnógeno: Proposição teórica básica e discussão acerca do caso do Município de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, 27(3), p. 257-268, 1997.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia Ambiente e Planejamento**: O Relevo no Quadro Ambiental: Cartografia e Diagnósticos Ambientais. 1990.

SCOPEL, R.M. Tese de Doutorado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Brasil) e Universidade de Poitiers (França). 1997.

SUERTEGARAY, D.M. A.A. Rio grande do Sul: Morfogênese da Paisagem – Questão para a Sala de Aula. **Boletim Gaúcho de Geografia**, nº 21, p. 117-132, 1996.

WINTER, J. E., GOMES, M.E.B., VERDUM, R. **Caracterização da mineralização de Ametista da Região do Alto Uruguai**: Impactos Ambientais e Avaliação dos Rejeitos. Trabalho de Conclusão do curso de Geologia, UFRGS. 2004. 92 p.

A OCORRÊNCIA DE SOLOS COLAPSÍVEIS NO BAIRRO IMACULADA, EM TAUBATÉ, SP: UM ESTUDO DE CASO

HÉLIO NÓBILE DINIZ[1]
JAIR SANTORO[1]

[1]Instituto Geológico da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
Av. Miguel Estéfano, 3.900 – Água Funda, CEP 04301-903, São Paulo, SP.
heliodiniz@igeologico.sp.gov.br; jsantoro@igeologico.sp.gov.br

DINIZ, H. N.; SANTORO, J. A ocorrência de solos colapsíveis no bairro Imaculada, em Taubaté, SP: um estudo de caso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 14-28 . (CD-ROM)

RESUMO
No final de 1999 e início do ano 2000, fortes chuvas atingiram o Vale do Paraíba e, em decorrência, houve refluxo de água nas redes de esgoto que apresentaram rompimentos em algumas ruas do Município de Taubaté. Como conseqüência, surgiram trincas nas residências situadas ao longo dos primeiros 250 m das ruas Salvador Faria Albernaz, Condessa Vimieiro e Bento Soares da Mota, que estão localizadas em uma encosta do Bairro Imaculada. No local ocorrem paleo-solos, colapsíveis, intensamente lixiviados, lateríticos, areno-argilosos, cuja fração arenosa é constituída por quartzo e, cuja fração argilosa é constituída, predominantemente, por gibsita ferruginosa. Para o entendimento do problema e adequação de medidas mitigadoras, foram necessários estudos específicos detalhados. As características geológico-geotécnicas dos solos foram obtidas através de sondagens SPT. Foram retiradas amostras deformadas e indeformadas de poços de inspeção para a realização de ensaios geomecânicos dos solos e de caracterização dos indíces físicos (limites de liquidez e plasticidade, massa específica dos grãos, granulometria, umidade natural e colapsividade). A partir dos dados obtidos foi estabelecido um modelo de recalque dos solos e adotadas medidas mitigadoras do problema, como a substituição das tubulações de esgoto rompidas.
Palavras-chave: colapsividade, risco-geológico, geotecnia, adensamento.

THE OCCURRENCE OF COLLAPSIBLE SOILS IN IMACULADA DISTRICT OF THE TAUBATÉ TOWN, SÃO PAULO STATE: A CASE STUDY

ABSTRACT
By the end of 1999 and beginning of 2000, The Paraíba Valley was hit by heavy rainstorms and, in consequence, there occurred reflows of water in the sewage net that was broken in some streets of the Districts of the Taubaté town. As a consequence, cracks appeared in the residences placed along the first 250 m of the Salvador Faria Albernaz, Condessa Vimieiro and Bento Soares da Mota streets, that are located on a hillslope of the Imaculada District. Locally, there are collapsible, intensely leached, lateritic, sandy-clayey paleosoils, of wich the sandy fraction is constituted by quartz and the clayey fraction is predominantly constituted by ferruginous gibbsite. For the understanding of the problem and adjusting of mitigation measures, detalailed specific studies were necessary. The geological-geothecnical characteristics of the soils were obtained by SPT drilling survey. Deformed and undeformeds samples were obtained from na inspection well for geomechanical assays of the soils and characterization of their physical properties (liquidity and plasticity limits, specific mass of the grains, granulometry, natural moisture and collapsivity). There was stablished a press down model of the soils with all obtained data and adopted mitigation measures to the problem, as the substitution of the broken sewage pipes.
Key-words: collapsivity, geologic-geothecnic, geological risk, hillslope.

1. INTRODUÇÃO

Alguns solos apresentam comportamento característico sob determinadas condições de umidade, dentre eles, destacam-se os solos colapsíveis. Esses solos, ao serem inundados e estando sob a ação de sobrecarga, sofrem uma brusca e significativa redução do volume.

Um solo colapsível apresenta, em sua condição natural, elevada porosidade (acima de 40%) e baixo teor de umidade. Essa estrutura porosa geralmente está associada à presença de agentes cimentantes, como óxidos ou hidróxidos de ferro e de alumínio e carbonatos. A cimentação, aliada a uma sucção suficientemente elevada, confere ao solo uma resistência aparente ou temporária, que pode ser destruída com a inundação, levando o solo a um colapso estrutural (Agnelli & Albiero, 1997).

Os solos colapsíveis ocorrem em várias partes do Brasil e em muitos outros países, e têm sido, muitas vezes, causadores dos sérios danos ocorridos em edifícios, barragens e diversos outros tipos de obras, conforme os relatos apresentados na literatura geotécnica. Decorre destes fatos, a importância em se detectar a presença desse tipo de solo e analisar o seu comportamento frente aos agentes que desestabilizam a sua estrutura, tais como a intensidade da carga atuante e do liquído inundante (Agnelli & Albiero, 1997).

Em todo o Município de Taubaté são reconhecidos paleo-solos argilosos desenvolvidos sobre sedimentos flúvio-lacustres da Formação Pindamonhangaba, datada como sendo do Eoceno (Terciário Superior) na coluna estratigráfica da Bacia Sedimentar de Taubaté. Os paleo-solos da Formação Pindamonhangaba são conhecidos como solos colapsíveis pois, são intensamente lixiviados, lateríticos, areno-argilosos, cuja fração arenosa é constituída por grãos de quartzo e, cuja fração argilosa é constituída, predominantemente, por gibsita ferruginosa.

Fortes chuvas ocorreram no final de 1999 e no início do ano 2000 em todo o Vale do Paraíba. Como conseqüência, houve o surgimento repentino de trincas nas residências situadas ao longo das ruas Condessa Vimieiro, Salvador Faria Albernaz e Bento Soares da Mota. São ruas pavimentadas, com acentuadas declividades, situadas no Bairro Imaculada, na cidade de Taubaté -SP (Figura 1).

Uma primeira análise do Departamento de Obras Públicas da Prefeitura Municipal de Taubaté mostrou que as trincas eram causadas por recalques diferenciais do terreno, sempre em direção ao eixo central das ruas citadas. A suspeita sobre a causa do recalque recaiu sobre rompimentos na rede de esgotos que não suportou o refluxo das águas oriundas das chuvas precipitadas nos pavimentos com soleiras negativas das residências e que não puderam escoar a água, pela gravidade, para a rede de drenagem, e que foram desviadas pelos moradores para a rede de esgotos, situada abaixo das galerias de drenagem. O lançamento das águas pluviais nas redes de esgoto é um procedimento irregular, e que, provavelmente, sobrecarregou as tubulações com o conseqüente rompimento e saturação do solo no entorno das mesmas.

As características geológico-geotécnicas dos solos colapsíveis foram obtidas através de sondagens SPT. Em poços de inspeção foram retiradas amostras deformadas e indeformadas para a realização de ensaios geomecânicos dos solos e de caracterização dos índices físicos (limites de liquidez e plasticidade, massa específica dos grãos, granulometria, umidade natural, adensamento e colapsividade).

Uma vez conhecida as causas do problema e determinados os índices e parâmetros geotécnicos dos solos colapsíveis, soluções foram adotadas pela Prefeitura Municipal de Taubaté, tais como: substituição dos tubos da rede de esgotos danificados e construção de sub-leitos compactados sob as tubulações substituídas.

Os trabalhos foram executados pela Secretaria de Obras da Prefeitura Municipal de Taubaté em parceria com a Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade de Taubaté e a Divisão de Geologia do Instituto Geológico da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

2. METODOLOGIA

O desenvolvimento dos trabalhos envolveu os seguintes procedimentos metodológicos:

- levantamento bibliográfico sobre a geologia regional e local;
- realização de sondagens SPT para determinação do perfil geológico-geotécnico dos solos e sedimentos na rua Salvador de Faria Albernaz, no Bairro Imaculada;
- realização de ensaios geotécnicos de laboratório em amostras deformadas e indeformadas retiradas em poços de inspeção ao longo da rua Salvador de Faria Albernaz, para determinação dos índices físicos e parâmetros geotécnicos (limites de liquidez e plasticidade, massa específica dos grãos, granulometria, umidade natural, adensamento e colapsividade);
- levantamento das aberturas das trincas observadas nas edificações;
- modelamento dos recalques;
- realização de obras e intervenções para a solução do problema.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Bairro Imaculada ocorrem espessos latossolos vermelho-amarelados, com textura areno-silto-argilosa, resultantes da evolução pedológica dos sedimentos da Formação Pindamonhangaba, do Grupo Taubaté. Estes solos (Campanha, 1994), caracterizam-se pela

freqüente presença de tubos fossilizados de vermes, as poliquetas. No Bairro Imaculada, abaixo da Formação Pindamonhangaba ocorre a Formação Tremembé.

Figura 1 – Mapa de localização do Bairro Imaculada, em Taubaté, SP.

A Formação Pindamonhangaba é constituída por sedimentos arenosos com intercalações argilosas e, na base, por uma camada silto-arenosa contendo seixos (Campanha, 1994).

De acordo com sondagens realizadas no Bairro Imaculada, o latossolo vermelho-amarelo com textura areno-argilosa constitui uma camada entre 15 a 20 m de espessura na encosta e no topo do morro onde está situada a rua Salvador de Faria Albernaz. No início

da rua (base do morro) atinge espessuras da ordem de 10 m. Estes latossolos são antigos, constituíndo em verdadeiros paleosolos.

3.1. Geotecnia Local

3.1.1. Sondagens SPT

Foram realizadas três sondagens SPT (Standard Penetration Test) até uma profundidade aproximada de 20 m, para fins de caracterizar detalhadamente a geologia e a compacidade do solo, no local. Os dados obtidos com as sondagens SPT foram utilizados para fins de reconhecimento do perfil geológico-geotécnico ao longo das ruas Condessa Vimieiro, Salvador Faria Albernaz e Bento Soares da Mota.

Os furos de sondagem à percussão foram denominados de: SPT 1, SPT 2 e SPT 3 (vide croquis da Figura 2). Totalizaram 61,30 m lineares.

As coordenadas UTM do local do furo SPT 1 são: 443,809 km EO e 7452,410 km NS. A cota aproximada da boca do furo SPT 1 é 648 m.

O furo SPT 2 possui as seguintes coordenadas UTM: 443,765 km EO e 7452,414 km NS. A cota aproximada da boca do furo SPT 2 é 646 m.

O furo SPT 3 possui as seguintes coordenadas UTM: 443,645 km EO e 7452,331 km NS. A cota aproximada da boca do furo SPT 3 é 631 m. Apresentamos, como exemplo, na Figura 3, o boletim desta sondagem.

As perfurações seguiram a NBR 6484 da ABNT. Foram executadas por percussão com avanço a seco, até a profundidade permitida pela resistência do solo ou, até encontrar o nível d'água quando, então, o avanço prosseguiu com circulação de água. O furo foi protegido por um revestimento com 2 ½" de diâmetro nominal.

A obtenção das amostras foi feita através da cravação de amostrador (SPT) com 1 3/8" e 2" de diâmetros, interno e externo, respectivamente.

O latossolo é muito pouco resistente à penetração do amostrador até os 14,00 m (sondagem SPT 1), 15,00 m (sondagem SPT 2), 10 m (sondagem SPT 3, Figura 3). Isto se deve à porosidade alta (alto indíce de vazios) em solo que se apresenta fofo até as profundidades mencionadas. Após estas profundidades, o latossolo e os sedimentos alterados da Fm. Pindamonhangaba tornam-se gradativamente mais resistentes à penetração do amostrador até as profundidades finais atingidas pela sondagens, 20,45 m (SPT 1), 20,45 m (SPT 2) e 20,40 m (SPT 3, Figura 3).

3.1.2. Caracterização geotécnica

Posicionado na praça situada no local mais alto da rua Salvador Faria Albernaz, foi perfurado um poço com 12 m de profundidade (Figura 2), de onde foram retiradas amostras indeformadas para a realização dos ensaios geotécnicos de laboratório, afim de identificar anomalias de saturação e colapsividade, no solo e nos sedimentos da Formação Pindamonhangaba.

As coordenadas do local do poço são: 443,835 km EO e 7452,437 km NS. A cota aproximada do local é de 652 m.

No poço foi retirada uma amostra a 1,40 m de profundidade e outra a 4,40 m, para caracterizar os Limites de Liquidez (LL), Limite de Plasticidade (LP) e Índice de Plasticidade (IP). Nessas mesmas profundidades foram retiradas outras amostras para ensaios de granulometria, cujos resultados estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Granulometria e Limites de Atterberg das amostras retiradas do poço.

Prof. (m)	Granulometria (%)					LL (%)	LP (%)	IP (%)
	Areia			Silte	Argila			
	Grossa	Média	Fina					
1,40	0,3	5,3	17,5	15,4	61,5	51	36	15
4,40	0,5	4,3	12,6	19,7	62,9	49	33	16

Quanto à granulometria, o latossolo da Formação Pindamonhangaba é classificado como sendo argilo-arenoso, na profundidade de 1,40 m e, argilo-siltoso, na profundidade de 4,40 m.

O Índice de Plasticidade é igual à diferença entre LL e LP. Vargas (1977), utiliza os Limites de Atterberg e o IP para classificar os solos quanto à plasticidade e compressibilidade. Com os parâmetros IP encontrados, respectivamente 15 e 16, o latossolo da Formação Pindamonhangaba é considerado muito compressível e pouco plástico.

Foram também coletadas 4 amostras indeformadas do tipo bloco (0,30 × 0,30 × 0,30 m), nas seguintes profundidades: 2,60 m, 5,70 m, 8,00 m e 11,70 m, e nestas amostras foram realizados os ensaios geotécnicos (índices físicos) e de adensamento/edométrico (colapsívidade).

Observa-se na Tabela 2, que as amostras apresentam condições distintas para a umidade natural (w_n) e o grau de saturação (S_r), que apresentam diminuição quantitativa no

perfil do solo até a profundidade de 8 m, quando então, há um brusco aumento. O peso específico natural (γ_n) aumenta ligeiramente com a profundidade. O índice de vazios (*e*) é maior nas camadas mais superficiais do latossolo, diminuindo gradativamente com a profundidade. Baseando-se neste índice, pode-se afirmar que até a profundidade de 2,6 m o solo é bastante colapsível. O peso específico dos sólidos (γ_s) mantém-se praticamente constante em todo o perfil.

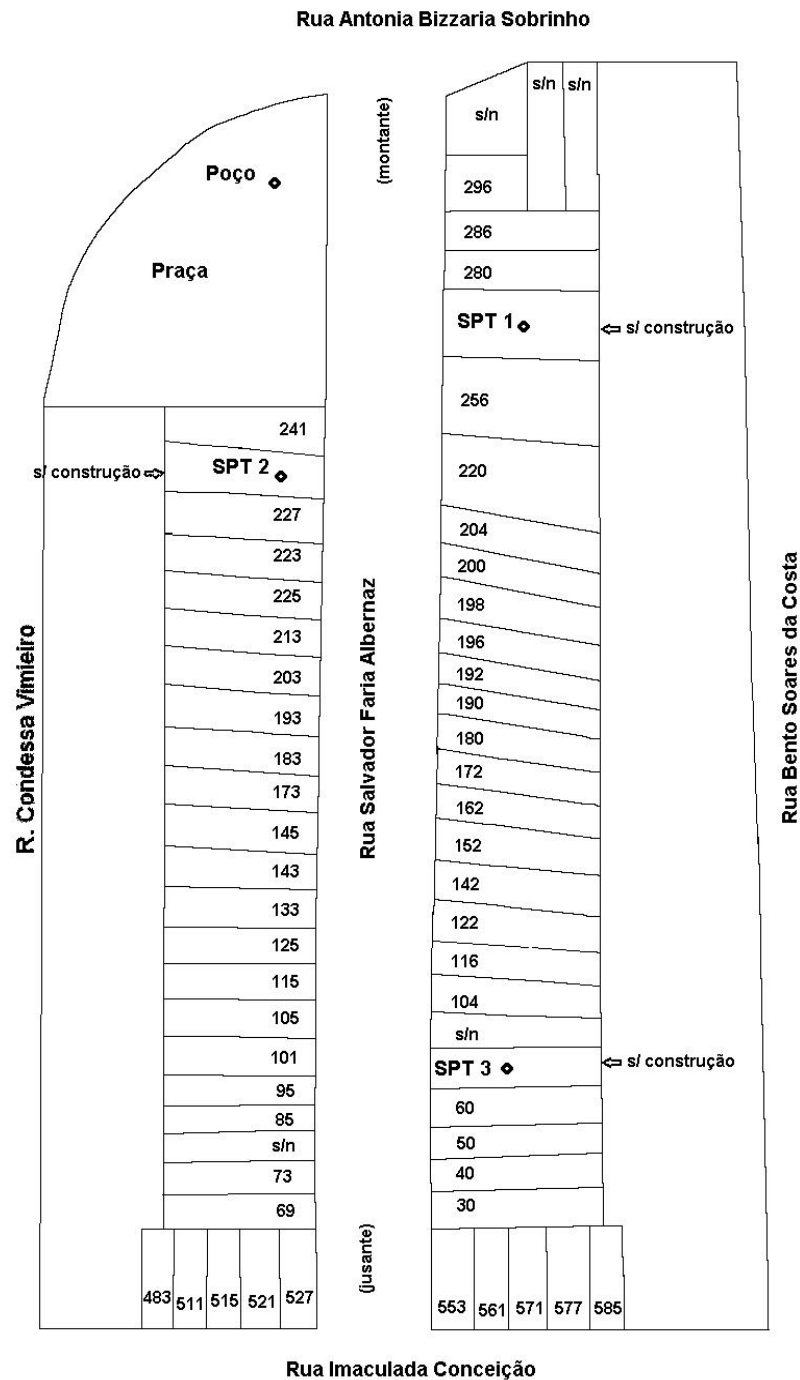



Figura 2 – Croquis de locação do poço e das sondagens SPT.

Tabela 2 – Índices físicos das amostras

Amostra nº	Profundidade (m)	w_n (%)	γ_n (kN/m^3)	e	S_r (%)	γ_s (kN/m^3)
1	2,60	28,30	15,66	1,38	52,18	26,43
2	5,70	16,10	16,54	0,81	50,99	26,34
3	8,00	9,43	17,49	0,84	27,46	26,65
4	11,70	16,00	18,22	0,67	77,33	26,61

Os ensaios de adensamento/edométricos foram realizados em corpos de prova moldados a partir de amostras indeformadas, com diâmetro e altura nominal, respectivamente, de 7,98 cm e 3,20 cm, conforme NBR-12007/92.

Os resultados dos ensaios edométricos, não saturados, realizados nas amostras são mostrados na Tabela 3. Através dos resultados dos ensaios foi possível analisar o comportamento do solo caracterizando-o sob os aspectos da compressibilidade e colapsividade.

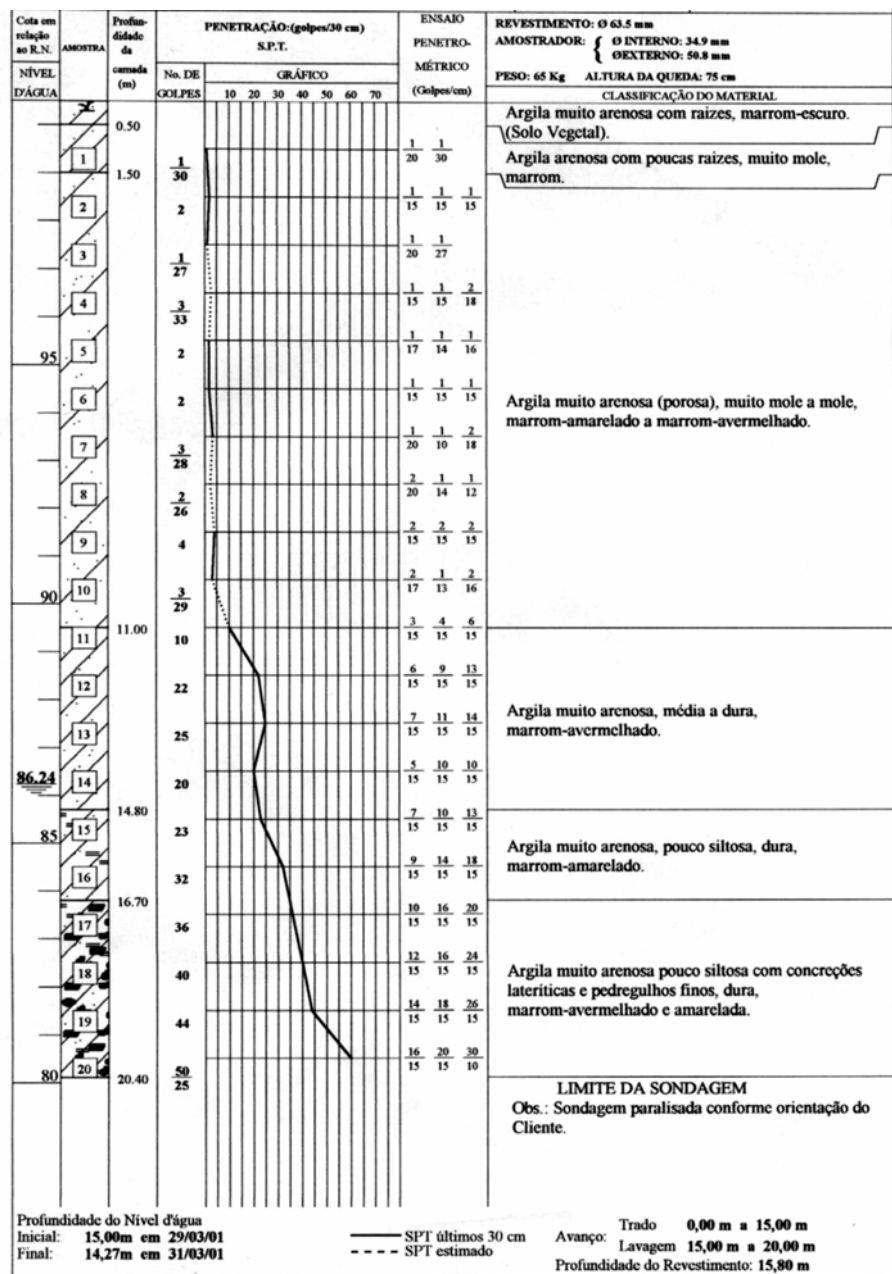



Figura 3 – Perfil geotécnico obtido com a sondagem SPT 3.

Tabela 3 – Índices físicos: antes (AN) e após (AP) a realização dos ensaios edométricos.

ÍNDICES FÍSICOS										
AMOSTRA	γ_n (kN/m^3)		w_n (%)		γ_s (kN/m^3)		e		S_r (%)	
	AN	AP	AN	AP	AN	AP	AN	AP	AN	AP
1	14,14	19,83	27,22	26,50	11,11	15,68	1,38	0,69	52,18	100
2	16,98	21,03	15,57	15,58	14,69	18,19	0,81	0,46	50,99	89,39
3	15,74	19,14	8,65	8,22	14,49	17,69	0,84	0,51	27,46	27,46
4	19,06	25,30	19,37	18,33	15,96	21,38	0,67	0,24	77,33	100

Verifica-se através da Tabela 4 que as amostras apresentam comportamentos de compressibilidade distintos, conforme pode-se observar através dos parâmetros de: pressão de pré-adensamento (σ'), coeficiente de inchamento (K), coeficiente de compressibilidade (C_c) e coeficiente de descompressão (C_s) e porosidade (n).

Tabela 4 – Coeficientes obtidos nas amostras.

Amostra nº	Profundidade (m)	σ' (kPa)	K	C_c	C_s	n(%)
1	2,60	160	0,11	0,45	0,01	57
2	5,70	110	0,02	0,27	0,015	45
3	8,00	26	-	0,17	0,01	46
4	11,70	180	0,018	0,13	0,023	40

Verificou-se, através dos ensaios de adensamento edométricos que as amostras apresentaram puntualmente recalques anômalos (bruscos) nas pressões apresentadas na Tabela 4.

Tabela 5 – Pressões de colapso do latossolo da Formação Pindamonhangaba.

Amostra nº	Profundidade (m)	Pressões (kPa)
1	2,60	320
2	5,70	320
3	8,00	640
4	11,70	1280

Através do comportamento descrito anteriormente e observando-se os dados da Tabela 5, conclui-se que o latossolo da Formação Pindamonhangaba é colapsível e desestruturável até uma profundidade máxima entre 5,7 e 8 m, mais provavelmente até 6,5 m de profundidade. Abaixo desta profundidade (6,5 m) e até uma profundidade máxima de 11,00 m, conforme pode-se observar nos ensaios de penetração das sondagens SPT, embora o solo ainda seja fofo e poroso, não possui comportamento colapsível (desestruturável) podendo sofrer adensamento (e recalques) apenas sob condições de elevadas pressões de carregamento.

3.1.3. Modelamento dos recalques observados na área de estudo

O recalque de uma camada de solo colapsível devido à saturação é dado pela expressão:

$$r = h \cdot \left(\frac{C_e \cdot \log \frac{\gamma \cdot z + \Delta\sigma_z}{\sigma'}}{1 + e_0} \right) \qquad \text{Vargas (1982)}$$

onde:

r = recalque (em metros);

C_e = Índice de Compressão;

σ' = pressão de pré-adensamento (em kPa);

γ = peso específico do solo (em kN /m^3);

h = espessura da camada parcialmente saturada (em metros);

z = espessura da camada saturada no ponto mediano (em metros);

$\Delta\sigma_z$ = diferença entre a pressão efetiva final e inicial no ponto mediano (em kPa);

e_0 = índice de vazios inicial.

Para a amostra de solo da Figura 4 (que se refere à camada de solo colapsível do Bairro Imaculada), temos:

1) Nas condições iniciais (umidade natural = 16,10%):

h = 6,5 m (profundidade da camada de solo colapsível);

e_0 = 0,81 (índice de vazios inicial da amostra retirada a 5,70 m - Amostra n^o 2, Tabela 2);

γ_n = 16,54 kN/m^3 (Peso específico natural da Amostra n^o 2, Tabela 4);

w_n = 16,10% (umidade natural da Amostra n^o 2, Tabela 2);

S_r = 50,99% (grau de saturação da Amostra n^o 2, Tabela 2).

Assim, a tensão total (solo com saturação de 50,99%) a 3,25 m (h/2), será:

$\sigma_i = \gamma_n \times h/2 = 16{,}54$ kN/m^3 $\times$ 3,25 m = 53,755 kPa.

2) Nas condições finais (saturação = 100%):

h = 6,5 m (profundidade da camada de solo colapsível);

e_0 = 0,81 (índice de vazios inicial da amostra retirada a 5,70 m - Amostra n^o 2, Tabela 2);

γ_s = 14,69 kN/m^3 (Peso específico seco da Amostra n^o 2, Tabela 3)

γ_g = 26,34 kN/m^3 (Peso específico dos grãos da Amostra n^o 2, Tabela 2);

S_r = 100% (grau de saturação final da Amostra n^o 2).

$$S_r = 100\% = 1 = \frac{\gamma_g \cdot w_{sat}}{e_0 \cdot \gamma_{agua}} = \frac{26{,}34 \cdot w_{sat}}{0{,}81 \cdot 9{,}8}$$

$$\frac{26{,}34 \cdot w_{sat}}{0{,}81 \cdot 9{,}8} = 1 \Rightarrow w_{sat} = 0{,}30$$

w_{sat} = 30% (umidade da Amostra nº 2, saturada);

$\gamma_{sat} = \gamma_s(1 + w_{sat})$ = 14,69 kN/m³ (1 + 0,3) = 19,10 kN/m³

Tensão total (terreno saturado) a 3,25 m (h/2):

$\sigma_z = \gamma_{sat} \times h/2$ = 19,10 kN/m³ × 3,25 m = 62,075 kPa

$\Delta\sigma_z = \sigma_z - \sigma_i$ = 62,075 kPa - 53,755 kPa = 8,32 kPa.

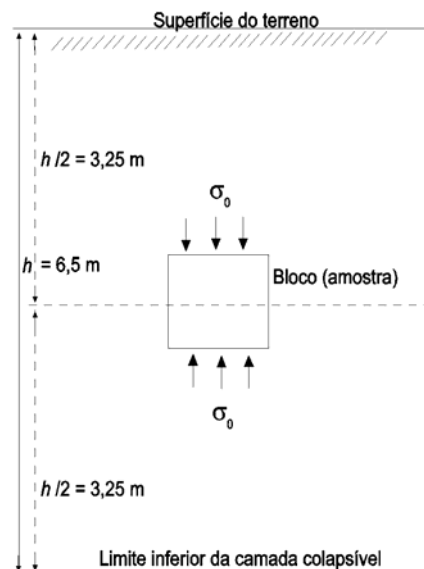



Figura 4 – Tensão em uma amostra de solo situada a 3,25 m de profundidade, no Bairro Imaculada, em Taubaté.

Estimativa do recalque

Para os dados obtidos nos ensaios realizados, utilizaremos a expressão de Vargas (1982) adaptada para:

$$r = h \cdot \left(\frac{C_c \cdot \log \frac{\sigma_i + \Delta\sigma_z}{\sigma'}}{1 + e_0} \right)$$

Assim:

C_c = 0,27 (Amostra 2, Tabela 4).

σ' = pressão de pré-adensamento = 110 kPa (Amostra 2, Tabela 4).

$$r = 6{,}5 \cdot \left(\frac{0{,}27 \cdot \log \frac{53{,}755 + 8{,}32}{110}}{1 + 0{,}81} \right) = 0{,}24 \text{ m}$$

Recalque estimado nos locais onde houve trincas nas residências: r = 0,24 m.

4. CONCLUSÕES

As soluções adotadas para o tratamento dos problemas gerados pela existência de solos colapsíveis, no Bairro Imaculada, foram elaboradas em função do conhecimento geológico/geotécnico do solo do local, adquirido no desenvolvimento deste trabalho.

De uma forma geral, as opções técnicas existentes para a solução dos problemas advindos da implantação de obras sobre solos colapsíveis, podem ser definidas em função das características das obras, de sua importância e da avaliação econômica.

Assim sendo, pode-se adotar:

1) soluções que prevêem a convivência com problema do solo colapsível, sem utilização de técnicas de tratamento, considerando que as construções estão preparadas para absorver, sem danos estruturais, as pequenas subsidências resultantes dos adensamentos do solo. Neste caso são tomadas medidas preventivas para evitar sobrecargas pontuais sobre os solos e evitar-se as infiltrações de água;

2) nos casos onde o problema encontra-se instalado, com existência de trincas e afundamentos, são adotadas medidas corretivas, tais como aumento da capacidade de distribuição de carga das fundações rasas, através de acréscimo de suas áreas de apoio, ou através de reforços com fundações profundas e, manutenção periódica ao longo da vida útil;

3) escavação e substituição do solo colapsível por aterro compactado, com opção de escavação total, ou parcial, do depósito de solo. Esta é a técnica que tem sido mais utilizada, no Brasil, na construção de barragens de terra como mostram Queiroz (l959), Vargas (l977) e Viotti (l975) e, na execução de fundações rasas, de acordo com Villar et al. (l98l). No Bairro lmaculada, a utilização desta solução deve ser vista com restrições devido ao alto custo envolvido pois o solo colapsível é bastante espesso (6,5 m), embora esta técnica tenha sido empregada no leito das tubulações de esgotos substituídas.

Conclui-se portanto, com base nos resultados apresentados anteriormente, que os estudos efetuados permitiram a adoção de soluções para sanar os problemas de trincas e outras patologias observadas nas construções do Bairro lmaculada, em Taubaté,

provocadas pelos recalques nos solos colapsíveis da Formação Pindamonhangaba. O recalque do terreno foi causado pela desestruturação dos horizontes mais superficiais dos latossolos, predominantemente constituídos por argilos-minerais e óxidos de ferro e alumínio. A infiltração das águas das chuvas torrenciais que caíram no Vale do Paraíba no início do ano 2000, nos locais onde a excessiva pressão da água provocou rompimentos na rede de esgotos (águas escoadas nos pátios que possuíam soleiras negativas, nas residências das ruas Salvador Faria Albernaz, Condessa Vimieiro e Bento Soares da Costa) foram a causa principal do adensamento dos solos. As tubulações de esgoto foram substituídas pela Secretaria de Obras da Prefeitura Municipal de Taubaté, e as tubulações de escoamento das águas pluviais redimensionadas (aprofundadas) para que pudessem receber as águas provenientes dos pátios com soleiras negativas. A drenagem dos terrenos e das ruas foram melhoradas para não acumularem águas das chuvas, impedindo infiltrações indesejáveis e perigosas às construções.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Luiz Eduardo de Oliveira, do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá da UNESP, pelo auxílio no cálculo e interpretação dos recalques observados na área de estudo, à FAPESP pelo auxílio financeiro concedido para a elaboração do projeto em políticas públicas proposto junto ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade de Taubaté, em parceria com a Secretaria de Obras da Prefeitura Municipal de Taubaté e o Instituto Geologico da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, processo FAPESP no 00/1963-7, ao Eng. Nelson Nassif de Mesquita e ao estagiário da Prefeitura Municipal de Taubaté, Leonardo Teixeira, pelo auxílio no levantamento dos dados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNELLI, N.; ALBIERO, J. H. Aspectos físicos, químicos e mecânicos de um solo colapsível, inundado com diferentes líquidos. **Revista Brasileira de Geotecnia**: Solos e Rochas, ago/1997, v. 20, n. 2, p.79-95, 1997.

CAMPANHA, V. A. **A arquitetura deposícional da Bacia Sedimentar de Taubaté, SP, como subsídio à delimitação de zonas de produção mineral**. Rio Claro, 1994, 2 v. (texto), 193 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

QUEIROZ, L. A. Compressibie Foundation at Tres Marias Earth Dam. In: PANAMERICAN CONFERENCE OF SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 1, set. 1959, Mexico. **Proceedings...** Mexico: 1959, v.2, p. 763-776.

VARGAS, M. Fundações de barragem de terra sobre solos porosos. **Construção Pesada**, março 1977, v. 7, n. 4, p.77-81, 1977.

VARGAS, M. **Fundações de edifícios**. 2a Ed., Grêmio Politécnico, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1982, 294 p.

VILAR, O. M.; RODRIGUES, J. E.; NOGUEIRA, J. B.. Solos colapsíveis: um problema para a engenharia de solos tropicais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS TROPICAIS EM ENGENHARIA, 1981, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ/CNPQ/ABMS, 1981, v. 1, p.209-224.

VIOTTI, C. B. lnstrumentações das Fundações em São Simão. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE GRANDES BARRAGENS, 10, 1975, Curitiba. **Anais...** Tema III, v.2, 1975, paper 6.

CHUVAS E ESCORREGAMENTOS DE TALUDES EM BELO HORIZONTE, MG

MARIA GIOVANA PARIZZI[1]
FREDERICO GARCIA SOBREIRA[2]
TEREZINHA CÁSSIA DE BRITO GALVÃO[3]
MARCOS ANTÔNIO TIMBÓ ELMIRO[4]

[1]Depto. de Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais
[2]Depto. de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto
[3]Depto. de Geotecnia e Transportes, Universidade Federal de Minas Gerais
[4]Depto. de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais
giece@uai.com.br; sobreira@degeo.ufop.br

PARIZZI, M. G.; SOBREIRA, F. G.; GALVÃO, T. C. B.; ELMIRO, M. A. T. Chuvas e escorregamentos de taludes em Belo Horizonte, MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 29-43. (CD-ROM)

RESUMO
O presente trabalho discute o efeito das águas pluviais no desencadeamento de variados tipos de escorregamentos que ocorrem na cidade de Belo Horizonte. Foram investigados dois taludes, com diferentes características físicas, aonde sucessivos escorregamentos vêm causando, a cada ano, inúmeros problemas sócio-econômicos. Os taludes analisados foram denominados Taquaril e Engenho Nogueira. Os taludes foram monitorados durante dois períodos chuvosos consecutivos, sendo possível observar que as águas de chuvas causam diferentes mecanismos de ruptura nestas três localidades. No talude Taquaril ocorrem escorregamentos rotacionais rasos nos depósitos de vertentes quando os índices pluviométricos acumulados durante 4 dias alcançam valores maiores ou iguais a 100mm. Rupturas nos maciços rochosos, somente ocorrem quando as descontinuidades estão preenchidas por água e o grau de alteração do maciço for alto. O talude Engenho Nogueira localiza-se em área caracterizada por solos residuais de gnaisse, altamente susceptíveis a erosão e escorregamentos subseqüentes. No talude os escorregamentos acentuam as declividades das feições erosivas que evoluem em direção ao topo. Durante chuvas intensas mas de curta duração, as rupturas são do tipo planar influenciadas pela presença de estruturas reliquiares da rocha de origem.Taxas de precipitação acumuladas em 3 dias acima de 100mm já induzem escorregamentos circulares de maiores dimensões, responsáveis por grande mudança na geometria do talude e agravamento da situação de risco.
Palavras-chave: chuvas, escorregamentos, taludes, área urbana.

ABSTRACT
This paper presents an investigation about the effect of the pluvial water and the landslides mechanisms that have been occurring in the city of Belo Horizonte, Minas Gerais State, Brazil. Two cut slopes were investigated. The slopes, which present different geological and geomorphological aspects, are unstable and are marked by successive landslides. The cut slopes were named Taquaril and Engenho Nogueira During two successive rainy seasons the two cut slopes were observed daily, and all landslides occurrences were related to precipitation rates of this period. The results made possible the identification of different failure mechanisms, induced by different effects of pluvial water on rock masses and soils. Taquaril Slope is characterized by steepy inclined slope composed by weathered phyllites and schists, and also by unconsolidated colluvium and talus deposits. Shallow rotational slides are common in Taquaril Slope, when precipitation rates, accumulated during four days, are equal or higher than 100 mm. Ruptures in rock mass only occurs when the discontinuities are filled by water and the weathering degree of rock is high. Engenho Nogueira Slope is characterized by gneissic residual soil, highly susceptible to erosion and succeed landslides.During short period of heavy rain the planar failures are common stimulated by reliquary discontinuities of the original gneiss. Precipitation rates accumulated during three days, up to 100 mm triggers rotational landslides, which are responsible for the changing in slope geometry and also casualties.
Key-words: rain, landslides, slopes, urban areas

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, os escorregamentos destacam-se como o tipo de acidente de origem geológica mais comum, principalmente no período das chuvas. Muitos eventos dessa natureza têm ocorrido, causando acidentes em várias cidades, principalmente nas capitais onde a ocupação desordenada e acelerada avança cada vez mais para terrenos geologicamente desfavoráveis à ocupação. Belo Horizonte, possuindo uma população que ultrapassa 2 milhões de habitantes, é um clássico exemplo dessa situação. Dados fornecidos pela Secretaria da Habitação e da Coordenadoria de Defesa Civil da cidade revelam uma média anual de 400 ocorrências de escorregamentos para os anos de 1994 a 2000 em vilas e favelas distribuídas em nove regiões do município. Recentemente, em janeiro de 2003 as chuvas extrapolaram os volumes esperados de precipitação e inúmeros escorregamentos ocorreram. Como conseqüência, foram registradas nove mortes, incluindo 6 crianças soterradas, 67 feridos, muitas casas destruídas, além de 756 famílias desabrigadas. O estudo aqui apresentado identificou os tipos de escorregamentos ocorridos durante dois períodos de chuva consecutivos em dois taludes representativos dos tipos litológicos do município de Belo Horizonte, e estabeleceu uma correlação dos mecanismos de ruptura aos índices pluviométricos dos períodos. Os taludes analisados foram denominados Taquaril e Engenho Nogueira. Foi possível observar que os diferentes materiais geológicos reagem de modo variado aos efeitos das águas pluviais e em conseqüência diferentes tipos de mecanismos de ruptura foram identificados.

2. MÉTODOS

Durante dois períodos chuvosos consecutivos (outubro de 2001 a janeiro de 2002 e novembro de 2002 a janeiro de 2003) os taludes Taquaril e Engenho Nogueira foram observados diariamente e todas as movimentações ocorridas foram relacionadas às taxas de precipitação do período. Análises geológicas e geotécnicas também foram executadas incluindo caracterização do maciço rochoso através de inspeções geológicas de campo, incluindo o mapeamento das camadas litológicas que caracterizam o maciço do local e a medição das descontinuidades, de acordo com as instruções da ISRM (1978). Foi realizado a topografia dos taludes para a obtenção de suas características morfológicas antes e após as rupturas.

Os dados obtidos das inspeções geológicas de campo foram tratados através do Sistema de classificação dos maciços rochosos RMR de Bieniawisk (1989). A análise de estabilidade dos maciços rochosos foi executada seguindo-se os critérios da análise

cinemática das descontinuidades, com o auxílio de projeção estereográfica, e da análise de Equilíbrio Limite de acordo com Hoek & Bray (1981). A análise de estabilidade de Equilíbrio Limite dos maciços de solo e depósitos de vertentes foi executada de acordo com o método das Fatias de Bishop (1955) e o Programa Xslope, desenvolvido por Balaam (2001), foi utilizado para a execução das Análises de Estabilidade, incluindo Retroanálises, conforme procedimentos descritos por Fontoura *et al.* (1984), Duncan (1996), Augusto Filho & Virgilli (1998) e Abramson *et al*. (2002). Foi realizada caracterização física dos depósitos de tálus existentes no Talude Taquaril e solos residuais do talude Engenho Nogueira, através de ensaios de laboratório e de campo. Ensaios em campo da permeabilidade dos solos foram executados com o auxílio do Permeâmetro Guelph .

3. DESCRIÇÃO DA REGIÃO

O município de Belo Horizonte é a capital do estado de Minas Gerais. Sua localização, a posição dos taludes analisados e a geologia da região estão ilustradas na Fig. 1.

3.1. Geologia

A área do município é constituída por três compartimentos geológicos, de acordo com Silva et al. (1995): Coberturas Superficiais, constituídas por sedimentos aluviais, canga e por depósitos de vertente, incluindo colúvio, depósitos de natureza torrencial e de tálus. Seqüência de rochas metassedimentares, constituída pelos Grupos Sabará, Piracicaba e Itabira, ocupando 30 % do município em sua parte sul. O Grupo Sabará constitui de xistos e filitos muito alterados. O Grupo Piracicaba constitui principalmente filitos e quartzitos ferruginosos alternados, filitos sericiticos e dolomíticos e menores proporções de filitos grafitosos e quartzitos puros. O Grupo Itabira abrange itabiritos, dolomitos e filitos dolomíticos. O Complexo Belo Horizonte, onde se agrupam as rochas gnáissicas arqueanas, constituem cerca de 70% do território municipal. A litologia predominante é um gnaisse cinzento, com bandamento composicional e feições de migmatização. Os gnaisses dão origem a solos residuais de diferentes espessuras na região, geralmente susceptíveis a erosão

3.2. Clima

O clima local caracteriza-se por uma estação seca bem pronunciada, com duração de 3-4 meses, de maio a agosto (Ferreira, 1996). Grande parte da média anual de precipitação de 1500 mm é concentrada entre outubro e Abril. Moreira (2002) concluiu que

as chuvas sobre Belo Horizonte e arredores tendem a ser mais intensas e freqüentes durante os meses de novembro, dezembro e janeiro com os máximos de precipitação ocorrendo sobre as regiões de topografia mais elevada, correspondente à faixa da Seqüência Metassedimentar. Assim, os registros pluviométricos são diferentes dentro da área municipal. Para a observação dos taludes Taquaril e Engenho Nogueira utilizou-se, respectivamente, os dados pluviométricos de três estações: CPRM, 5º Distrito, e Infraero. A Fig. 2 exibe os índices anuais de 1994 a janeiro de 2003. A média de 1500mm permanece, porém somente em janeiro de 2003 choveu quase a metade de uma média anual.

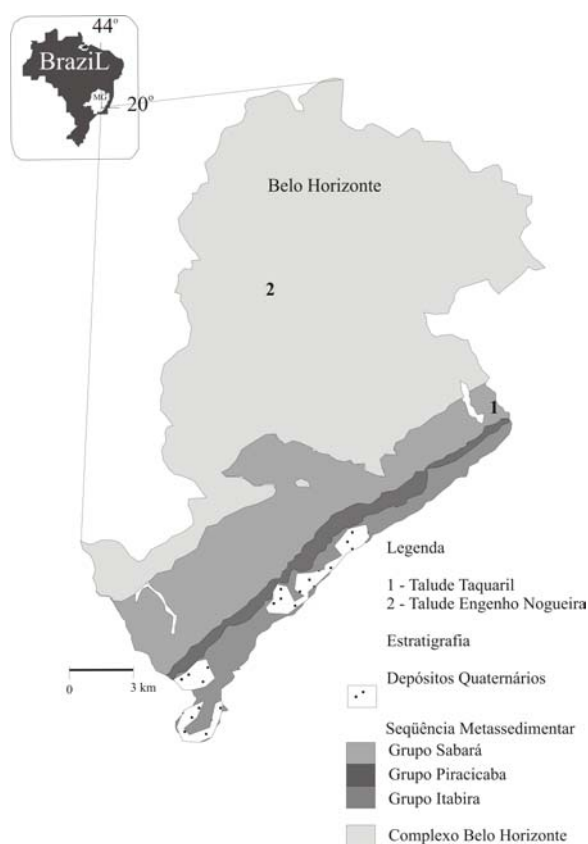



Figura 1 – Mapa Geológico de Belo Horizonte e localização dos taludes estudados.

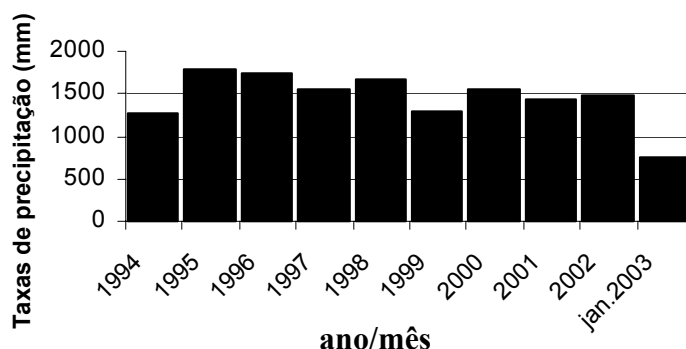



Figura 2 – Taxas Pluviométricas do Município de Belo Horizonte entre 1994 a 2003.

4. RESULTADOS

4.1 Análise Geológica e Geotécnica do Talude Taquaril

A Favela do Taquaril está entre as áreas de risco de Belo Horizonte que possuem maior número de ocorrências de escorregamentos desencadeados, principalmente, por fatores antrópicos, decorrentes da ocupação desordenada em terrenos com aspectos morfológicos e geológicos desfavoráveis. Atualmente, a área abriga mais de 30.000 habitantes adensados em 145,2 ha. Parizzi *et al.* (2002) revelam que, em períodos chuvosos, mais de 60% dessa área se enquadra nas categorias de risco alto e iminente. A tipologia das edificações é muito precária, com casas de madeira, lona, telhas de zinco e, até mesmo, de papelão. Os moradores, fazem cortes verticalizados nas encostas íngremes para construírem seus barracos (Fig. 3). Lançam a terra descartada e lixo encosta abaixo, criando depósitos inconsistentes sobre a rocha. Em seguida, outros moradores fazem cortes nesses depósitos e constroem seus barracos sem fundação diretamente sobre esses materiais. Novamente lançam terra descartada e lixo encosta abaixo e, assim, rapidamente, cria-se grande quantidade desses depósitos nas encostas do Taquaril. As casas são também muito próximas aos taludes de corte ou até apoiadas nestes.

4.1.1 Análise da Estabilidade do Talude Taquaril

O talude escolhido para a análise da estabilidade, Fig 4, é representativo da maioria dos taludes presentes na Favela do Taquaril. Localiza-se em encosta voltada para noroeste e apresenta inclinação de 50^{O}, suavizando para 36^{O} próximo ao topo e altura de 25 m. Antes de Janeiro de 2003 apresentava sinais de movimentação e cicatrizes de escorregamentos anteriores, o que o caracterizava como um talude com risco iminente a ruptura. Em janeiro de 2003 o talude sofreu novo escorregamento de maiores proporções.

O maciço rochoso é constituído por filito fino intercalado com grauvaca do Grupo Sabará. Está muito alterado, chegando a ser classificado em pontos localizados como saprolito. As rochas, mesmo quando decompostas, apresentam xistosidade proeminente. Quando fresca, mostra-se muito resistente, porém, quando muito alterada e exposta, se desplaca tão facilmente que chega a apresentar comportamento pulverulento. O maciço é coberto por três tipos de materiais, dependendo da posição do talude: Depósitos de tálus originados do filito, colúvio avermelhado e aterro. A análise cinemática identificou duas possibilidades de ruptura para o maciço rochoso: Ruptura em cunha e Rupturas Planares. O cálculo dos Fatores de Segurança forneceu valores de 1,4 e 1,5 respectivamente para a ruptura em cunha e planar, considerando o maciço seco e valores de 0 e 0,7

respectivamente para as rupturas em cunha e planar, considerando as descontinuidades preenchidas por água. Durante os dois períodos em que o talude foi vistoriado, nenhuma ruptura do maciço rochoso ocorreu. Por outro lado rupturas circulares rasas ocorreram nos depósitos de vertente que cobrem o maciço. Isso leva a concluir que as coberturas superficiais retardam a saturação do maciço rochoso durante períodos chuvosos.

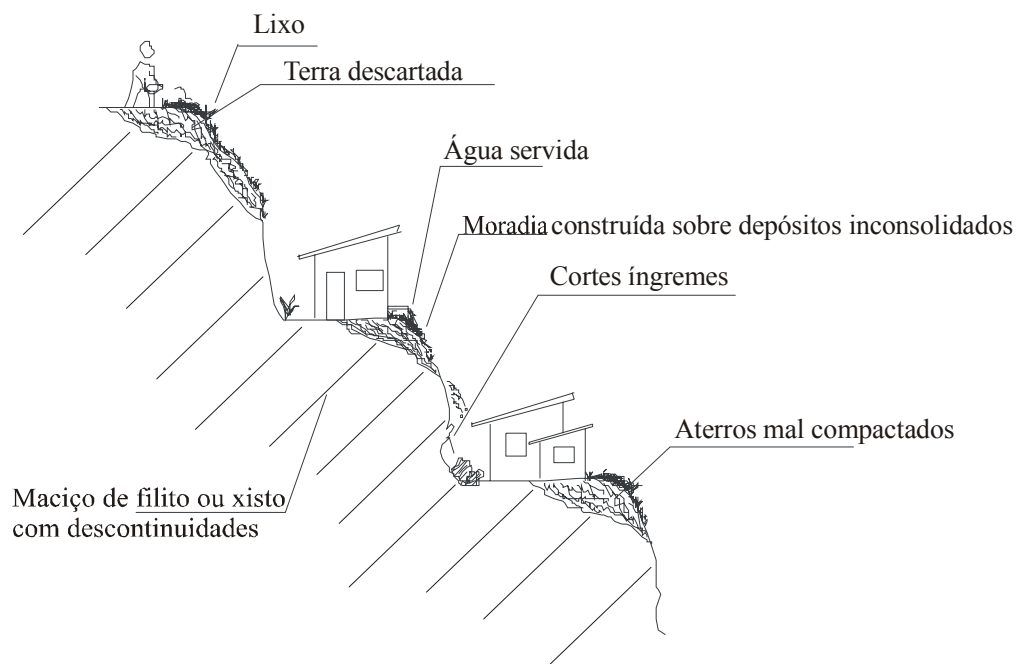



Figura 3 – Tipo de uso e ocupação no Taquaril.

Figura 4 – Talude Taquaril após o escorregamento de janeiro de 2003.

Durante o mês de Janeiro de 2003 o Talude Taquaril se rompeu formando duas grandes cicatrizes de ruptura (Fig 4). A primeira, localizada na face superior do talude, ocorreu no depósito de tálus e a segunda, localizada na face inferior do talude, ocorreu no colúvio, como pode ser visto na Fig.5.

Foi executada retroanálise do escorregamento visando reconstituir as condições geotécnicas e geométricas existentes no talude no momento da ruptura, de acordo com os métodos descritos por Fontoura *et al.* (1984), Duncan (1996) e Augusto Filho & Virgilli (1998). Os parâmetros utilizados para a execução da retroanálise incluíram os valores de coesão e atrito obtidos nos ensaios de cisalhamento direto com amostras inundadas da matriz dos depósitos e a geometria da superfície de ruptura, obtida através da topografia do talude antes e após a ruptura. Os valores de poro pressões foram simulados com o auxílio do coeficiente r_u, desenvolvido por Bishop & Morgenstern (1960), que corresponde à taxa:

$$r_u = \frac{u}{\gamma h}, \quad \text{ou seja:} \qquad (1)$$

u = poro pressão da água;
γ = peso específico do solo e
h = profundidade de um ponto do maciço de solo abaixo da superfície.

O valor de 1,5m utilizado para h corresponde à profundidade máxima da superfície de ruptura. Os valores de foram alterados até que o Fator de Segurança para a ruptura estabelecida desse valor unitário. Os valores utilizados na retroanálise estão apresentados na Tabela 1 e a Fig. 5 representa as superfícies de ruptura ocorridas no Talude Taquaril.

Em janeiro de 2003, especialmente no dia 16, data do escorregamento, houve uma taxa de precipitação excepcional com valor de 217 mm, a qual somada aos 65 mm dos 3 dias anteriores completaram um total de 282 mm acumulados em 4 dias. Mediante essa elevada taxa de precipitação, facilmente, poro pressões acima 10 kPa foram alcançadas. Assim, aparentemente, as rupturas circulares rasas ocorrem próximo à linha do contato cobertura/maciço. Poro pressões menores causam rupturas circulares de menor porte e ao longo de superfícies mais rasas. As análises geotécnicas das amostras dos depósitos de vertentes revelaram um solo de matriz silto arenosa a argilo siltosa, com índices de vazios altos (média de 1,2) e condutividade hidráulica da ordem de 10^{-4}cm/seg. Este valor está de acordo com aqueles obtidos por Terzaghi & Peck (1967) para solos silto arenosos e siltosos, considerados solos de permeabilidade média a baixa. De acordo com os autores permeabilidade média a baixa e alto índice de vazios da cobertura em contato com maciço, também pouco permeável, favorece rupturas em condições não drenadas e não saturadas.

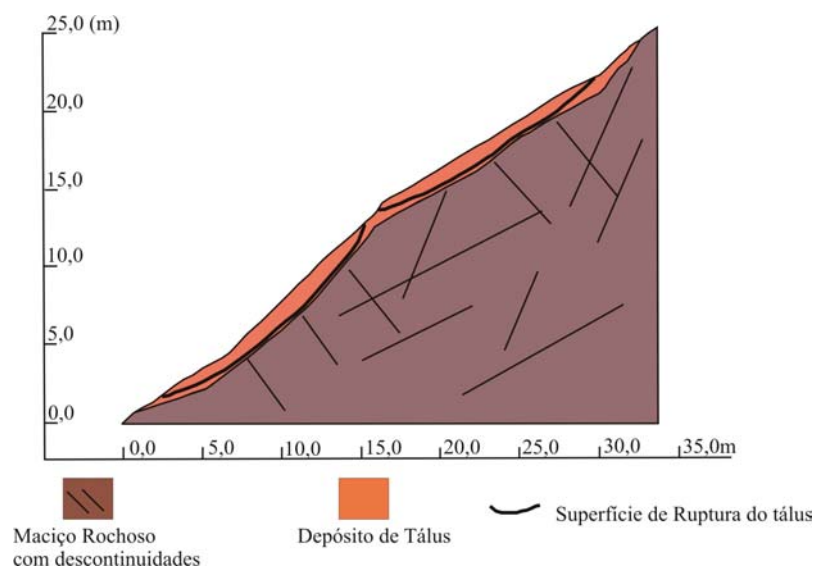



Figura 5 – Perfil do Talude Taquaril exibindo as superfícies de rupturas de Janeiro de 2003.

4.3 Análise Geológica e Geotécnica do Talude Engenho Nogueira

A região do Bairro Engenho Nogueira, conforme Viana (2000), compõe-se de gnaisses de granulação grossa e gnaisses miloníticos, cobertos por solos residuais originados dessa litologia. O talude analisado apresenta uma seqüência pedológica constituída por horizonte A, Horizonte B e horizonte C, assim classificados de acordo com Pastore & Fontes (1998), além de cobertura de colúvio em alguns pontos. Os horizontes identificados estão descritos a seguir:

Tabela 1- Parâmetros Resultantes da Retroanálise do Talude Taquaril.

		Ruptura na face superior do Talude Taquaril					
material	Coesão	ϕ	r_u	γ	h	Poro pressão	FS
tálus	4 kPa	33^0	0,47	15 kN	1,5m	11 kPa	1
		Ruptura na face inferior do Talude Taquaril					
colúvio	7 kPa	28^0	0,47	14 kN	1,5m	10 kPa	1

Horizonte A – A espessura média dessa camada é de 0,9 m e de tonalidade cinza esverdeada. De acordo com análise granulométrica executada o solo é argilo-arenoso, com estruturas granulares contendo raízes e matéria orgânica. Os ensaios de resistência (cisalhamento direto com amostras inundadas) forneceram o valor de coesão de 22 kPa à esse horizonte, sendo a maior coesão da seqüência observada. O ângulo de atrito foi de 25^O.

Horizonte B – Possui espessura média de 1,5 m, entretanto a transição para o horizonte C não é muito nítida podendo alcançar espessura de até 4m. Apresenta tonalidade laranja a avermelhada. Neste horizonte de solo, também predomina a textura argilo-arenosa. Apresenta grãos de quartzo angulosos e cristais isolados de feldspatos caulinizados. Não é possível verificar estruturas da rocha original. Os valores de 20 kPa para a coesão e 31^{O} para o atrito foram obtidos pelos ensaios de cisalhamento direto com amostras inundadas deste horizonte. A transição do horizonte B para o horizonte C não é muito evidente podendo ser referida como gradual.

Horizonte C

Horizonte de solo saprolítico – Este horizonte possui coloração amarelada a laranja e diferencia-se do horizonte superior por apresentar textura areno-siltosa e possuir maior quantidade de feldspato caulinizado. Contém estruturas reliquiares da rocha original como bandamento e fraturas. A análise de cisalhamento direto com amostras inundadas forneceu valor de coesão de 10 kPa e ângulo de atrito de 32^{O} para esse horizonte. A avaliação da espessura desse horizonte torna-se difícil devido a perturbação local causada pelos processos erosivos e escorregamentos, porém estimasse que a espessura do solo saprolítico seja de apenas dois metros.

Saprolito – Apresenta passagem gradual com relação ao horizonte anterior, sendo difícil a determinação de um limite, estimando-se espessura de aproximadamente 12m, o que corresponde a 70% da área da face do talude. É diferenciado por sua coloração mais amarelada e por conter estruturas reliquiares da rocha original bem mais nítidas, verificando um bandamento espesso, com alternância de camadas claras e escuras, e blocos isolados da rocha de origem. Foi possível verificar a presença de fraturamento subverticalizado (140/75) e bandamento. Predominam as porções claras do bandamento, muito arenosas e de coesão nula, conforme valor obtido pelo ensaio de cisalhamento direto com amostras inundadas. O ângulo de atrito foi de 33^{O}. Aparecem pequenos diques anfibolíticos alterados, bastante fraturados, formando planos de fraturas poligonais. Este material gera solo pouco mais argiloso que o saprolito de gnaisse.

4.3.1 Análise da Estabilidade do Talude Engenho Nogueira

O Talude Engenho Nogueira vem sendo observado desde 1999, conforme Parizzi *et al*. (2002). Ao longo desses 4 anos pode-se perceber que os processos erosivos e escorregamentos apresentam-se associados e em estágio avançado. Até o ano de 2002,

estes escorregamentos eram planares, condicionados pela coesão nula do solo residual de gnaisse e pela presença de estruturas reliquiares da rocha original, como a família de fraturamento subverticalizado (140/75). Solapamento de base também ocorre, decorrente da erosão que evolui na base do talude estimulada pela concentração do escoamento superficial na rua de terra. À medida que erosão e escorregamentos ocorrem no saprolito de gnaisse, os horizontes superiores também são solapados. A existência de habitações no topo caracteriza um quadro de risco, principalmente em função da erosão regressiva associada aos escorregamentos que, cada vez mais, aproxima as paredes íngremes do talude às lajes das residências.

Água servida é despejada dentro da ravina. Em janeiro de 2003, durante as excepcionais chuvas que ocorreram neste período, três escorregamentos circulares de grande porte ocorreram no Talude Engenho Nogueira, causando grandes estragos na rua de terra que contorna o talude e deixando as moradias do topo literalmente à beira do precipício, como pode ser visto na Fig.11. Esses escorregamentos geraram grandes modificações na geometria do talude. Uma nova topografia realizada no talude possibilitou o reconhecimento da geometria das superfícies de ruptura dos escorregamentos circulares. A partir dos parâmetros de resistência obtidos pelos ensaios geotécnicos (cisalhamento direto) e a geometria do talude antes e após as grandes rupturas, foi possível a execução da retroanálise dos escorregamentos. Para isso, o talude foi considerado não saturado e as poro pressões atuantes no momento da ruptura foram estimadas através do coeficiente de poro pressão r_u, descrito por Bishop & Morgenstern (1960). Valores de r_u foram introduzidos na análise começando-se pelo valor 0 e sendo acrescido até ser obtido o Fator de Segurança unitário para as superfícies de ruptura conhecidas. O Programa Xslope (Balaam, 2001) foi utilizado na análise, e se baseia no método simplificado de Bishop (1955) para rupturas circulares. Duas ocorrências de escorregamentos circulares ocorreram no dia 7 de janeiro de 2003 e a terceira ocorreu no dia 17. O Perfil exibido na Fig. 12 representa a topografia do Talude Engenho Nogueira anterior ao último escorregamento e uma das a superfícies da ruptura do escorregamento ocorrido no dia 7 de janeiro de 2003.

Figure 11 – Escorregamento rotacional do Talude Engenho Nogueira em Janeiro de 2003.

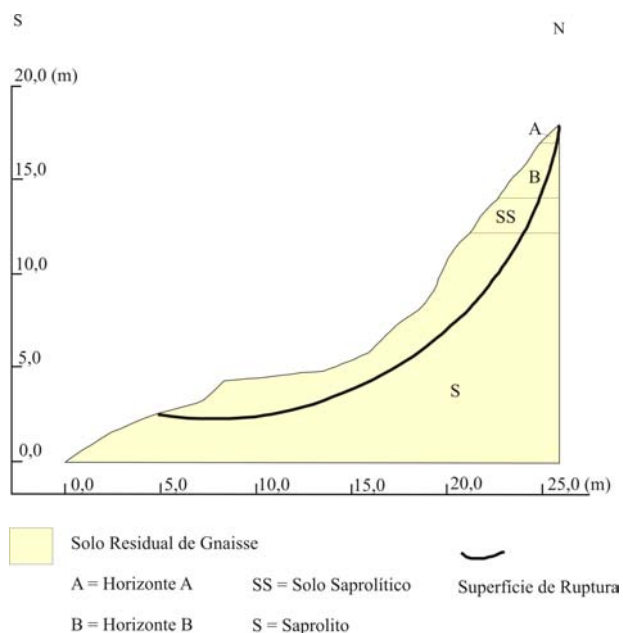



Figura 12 – Perfil exibindo os horizontes de solo e a superfície de ruptura ocorrida em janeiro de 2003.

Para a execução da retroanálise foram consideradas as camadas de horizonte A, B, o solo saprolítico e o saprolito com os parâmetros geotécnicos exibidos na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros utilizados e obtidos pela retroanálise de um dos escorregamentos rotacionais do Talude Engenho Nogueira.

Horizonte de solo	Coesão (kPa)	ϕ	ρ_{nat} (kN/m^3)	r_u (FS =1)
A	22	25	14	0,15
B	20	31	14	0,15
Solo Saprolítico	10	32	14	0,15
Saprolito	0	33	12	0,15

Durante a retroanálise, foi possível observar que os parâmetros da camada de

saprolito de gnaisse foram os principais controladores do valor do fator de segurança. Podia-se variar o coeficiente $\mathbf{r_u}$ nas camadas superiores sem que os valores do FS fossem muito alterados.

A profundidade da superfície de ruptura foi de aproximadamente 2m. Considerando esta profundidade, pode-se utilizar a equação de $\mathbf{r_u}$ para o cálculo da poro pressão atuante no momento da ruptura. O valor estimado de poro pressão foi próximo a 4 kPa.

Os solos residuais que se desenvolvem nesta região constituem-se dos Horizontes A, B, de solo saprolítico e de saprolitos da rocha original. Os dois primeiros possuem espessuras variadas, dependo do relevo local e possuem textura argilo arenosa e coesão mais alta que os horizontes sotopostos da ordem de 20 kPa. Essa coesão e os maiores teores de argila justificam os menores valores de erodibilidade desses solos encontrados por Viana (2000), ao mesmo tempo em que apresentam maior resistência à ruptura, formando uma camada protetora dos escorregamentos e erosão para os solos saprolíticos e saprolitos de gnaisse. Durante períodos de chuvas de curta duração as estruturas reliquiares da rocha original e a baixa coesão dos saprolitos condicionam rupturas planares em paredes íngremes de ravinas e voçorocas já instaladas ou ao longo das faces dos taludes de ruas. Chuvas mais intensas e de maior duração podem induzir escorregamentos circulares de maior porte, envolvendo todas as camadas presentes. Pequenos valores de poro pressões são suficientes para vencerem as forças resistentes e pode-se considerar que estes solos não estão saturados no momento da ruptura.

As chuvas de janeiro de 2003, apresentaram índices pluviométricos excepcionais com relação às médias anteriores. Nos dias dos escorregamentos os valores pluviométricos acumulados em 2 e três dias foram, respectivamente, superiores a 100 e 120 mm. Permeabilidades da ordem de 10^{-4} em solos com altos índices de vazios facilitam a perda da sucção matricial dos solos não saturados.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. Influência das Chuvas nos Mecanismos de Ruptura

A Tabela 3 mostra a relação entre os tipos de escorregamentos ocorridos nos três taludes investigados e as taxas pluviométricas dos períodos.

Considerou-se as taxas diárias e acumuladas em quatro dias para a avaliação, conforme Tatizana et al. (1987) avaliam os escorregamentos do sudeste brasileiro.

Embora dois períodos chuvosos consecutivos sejam insuficientes para uma análise estatística da relação entre chuvas e escorregamentos, foi possível perceber que o efeito da chuva, associado às características geológicas e geomorfológicas dos maciços, contribuem na determinação do tipo de escorregamento que irá ocorrer.

No Talude Engenho Nogueira a ruptura planar, influenciada pelas estruturas reliquiares da rocha original, ocorreu após uma taxa acumulada em quatro dias em torno de 100mm , sendo o valor de pluviosidade do dia da ocorrência muito baixo (8 mm). Por outro lado, as rupturas circulares de maior porte ocorrem sob taxas de precipitação acumuladas acima de 140mm e diárias próximas a 90 mm.

Tabela 3 – Registro de Ocorrência de Movimentos de Massa nos Taludes Analisados e Taxas de Precipitação Durante os Períodos Chuvosos de 2001, 2002 e 2003.

Data do escorregamento	**Taxas de precipitação diárias (mm)**	**Taxas de precipitação de três dias anteriores (mm)**	**Taxas de precipitação acumuladas em quarto dias (mm)**	**Talude**	**Tipo de escorregamento**
30/12/2001	59,30	59,30	118,60	Taquaril	Rotacional raso
31/12/2001	8	95,8	103,8	Engenho Nogueira	Ruptura planar
07/01/2003	97,5	71,2	168,7	Engenho Nogueira	Rotacional
08/01/2003	83,5	137,4	220,9	Taquaril	Rotacional raso
16/01/2003	217,5	65,4	282,9	Taquaril	Rotacional raso
17/01/2003	89,20	51,4	140,6	Engenho Nogueira	Rotacional

* Estações pluviométricas: Infraero, CPRM and 5^{O} distrito

Foi possível observar que a água da chuva exerce efeitos diferenciados nos diversos materiais:

As análises de estabilidade dos maciços rochosos dos talude Taquaril indicaram que as rupturas em cunha e planares somente ocorrem quando as descontinuidades estão parcial ou totalmente preenchidas por água. Em situação em que as descontinuidades estão secas, mesmo possuindo posição favorável à ruptura, os escorregamentos não ocorrem.

Embora seja um efeito em longo prazo, não se pode desconsiderar a contribuição que a água de chuva exerce na elevação do grau de alteração dos maciços rochosos, Os maciços de xistos e filitos apresentaram estado de alteração elevado, o que facilita a ocorrência de escorregamentos.

Nos maciços de solos residuais de gnaisse do Talude Engenho Nogueira, o grau de saturação do solo parece ser decisivo para a determinação do tipo de ruptura. Em solos parcialmente saturados, os escorregamento são de pequeno porte e influenciados pelas

estruturas reliquiares da rocha original, provavelmente por onde inicialmente a água se infiltra com mais facilidade. Altos valores de precipitação acumulada e saturação do maciço induzem escorregamentos rotacionais de maior porte. A Retroanálise do escorregamento rotacional do Talude Engenho Nogueira demonstrou ser necessário poro pressões de 4 kPa para que o estado de equilíbrio limite do talude seja alcançado.
Os depósitos de vertente como tálus e colúvio que recobrem os Talude Taquaril se mostraram os materiais mais susceptíveis a escorregamentos durante períodos chuvosos do que os maciços rochosos alterados. A água exerce influência na diminuição da sucção matricial e na criação de poro pressões nas superfícies de contato entre depósito e maciço. A intensidade e duração das chuvas irá definir se os movimentos dos depósitos serão do tipo rastejamento ou fluxo de detritos, ou rupturas circulares rasas como ocorre no Talude Taquaril.

6. CONCLUSÕES

Os dados obtidos neste trabalho permitiram exemplificar as várias formas em que a água pluvial atua em maciços rochosos e de solo, induzindo diferentes tipos de escorregamentos. No entanto, deve-se levar em consideração que a maneira e intensidade de atuação da água irá depender de fatores relacionados às características geológicas, geomorfológicas dos taludes e dos tipos de atividades humanas a eles destinadas. O grau de alteração dos maciços rochosos, a presença e orientação das descontinuidades, as formas de relevo, cortes inclinados e as características de resistência de aterros, maciços rochosos e de solos residuais, devem ser associados aos efeitos das chuvas para que os reais mecanismos de ruptura dos taludes sejam identificados. Somente assim pode-se planejar e desenvolver técnicas adequadas que contribuam para a estabilização dos taludes, prevenção e redução dos acidentes e danos sócio-econômicos decorrentes dos escorregamentos durantes os períodos chuvosos.

7. AGRADECIMENTOS

CNPq – pelo suporte financeiro dessa pesquisa.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMSON, L. W.; LEE, T. S.; SHARMA, S.; BOYCE, G. M. **Slope Stability and Stabilization Methods**. New York, John Wiley & Sons, Inc. (2 ed), 2002. 712p.

AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J. C. Estabilidades de Taludes. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (ed.) **Geologia de Engenharia**. São Paulo, ABGE, 1998, p. 243-269.

BALAAM, N. P. **Slope Stability Analysis**: User´s Manual for Program XSlope for Windows. Centre for Geotecnhical Research. University of Sydney, 2001. 98p.

BIENIAWSKI, Z. T. **Engineering Rock Mass Classification**. New York: John Wiley, 1989. 215p.

BISHOP, A. W. The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Earth Slopes. **Geotechnique**, (5), p.7-17, 1955.

BISHOP, A. W.; MORGENSTERN, N. Stability Coefficients for Earth Slopes. **Geotechnique**, 10 (4), p.129-147, 1960.

DUNCAN, J. M. Soil Slope Stability Analysis. In: TURNER, A. K; SCHUSTER, R. L. (ed.) **Landslides:** Investigation and Mitigation, Special Report 247. Washington D. C., National Academy Press, 1996. p. 337 – 371.

FERREIRA, V. O. **Eventos Pluviais Concentrados em Belo Horizonte, Minas Gerais**: Caracterização Genérica e Impactos Físico-Ambientais. IGC, UFMG, Dissertação de Mestrado, 1996. 195 p.

HOEK, E.; BRAY, J. **Rock Slope Engineering**. London, Institution of Mining and Metallurgie & Elsevier Applied Science, 1981. 358p.

ISRM – International Society for Rock Mecanics. **Métodos Para a Descrição Quantitativa de Descontinuidades em Maciços Rochosos**. São Paulo, ABGE e Comitê Brasileiro de Mecânica das Rochas, 1983. 132p. (Tradução nº12.).

MOREIRA, J. L. B. **Estudo da Distribuição Espacial das Chuvas em Belo Horizonte e em seu Entorno**. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Dissertação de Mestrado, 2002. 107p.

PASTORE, E. L.; FONTES, R. M. Caracterização e Classificação dos Solos. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO; S. N.A (ed.) **Geologia de Engenharia**. São Paulo, ABGE, 1998. p. 197-210.

SILVA, A. S.; CARVALHO, E. T.; FANTINEL, L. M.; ROMANO, A. W.; VIANA, C. S. **Estudos Geológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos e Geoambientais Integrados no Município de Belo Horizonte**. Convênio: PMBH, SMP, FUNDEP/ UFMG, 1995. 490p. (Relatório Final).

TATIZANA, C.; OGURA, A. T.; CERRI, L. E S.; ROCHA, M.C. M. Análise de Correlação entre Chuvas e Escorregamentos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5., 1987, São Paulo. **Anais...** , 1987, p.225 – 236.

TERZAGHI, K.; PECK, R. B. **Soil Mechanics in Engineering Practice**. 1967. 659 p.

VIANA, C. S. **Caracterização dos Processos Erosivos no Município de Belo Horizonte:** Uma Contribuição à Gestão Ambiental e ao Planejamento Urbano. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Sanitária, Ambiental, Hidráulica e Recursos Hídricos - DESA/ UFMG, 2000. 217p.

ZONEAMENTO DE RISCO DE ESCORREGAMENTO DAS ENCOSTAS OCUPADAS POR VILAS OPERÁRIAS COMO SUBSÍDIO À ELABORAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO DA ESTÂNCIA CLIMÁTICA DE CAMPOS DO JORDÃO - SP

AGOSTINHO TADASHI OGURA[1]
FABIANA CHECCHINATO SILVA[1]
AUGUSTO JACKIE DO NASCIMENTO LOPES VIEIRA[2]

[1]IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
Av. Prof. Almeida Prado, 532, São Paulo, SP, CEP 05508-901
[2]Fundação Alphaville
R. Cauaxi, 293, Alphaville, Barueri, SP, CEP 06454-943
atogura@ipt.br; fabiana@ipt.br; guto@alphaville.com.br

OGURA, A. T.; SILVA, F. C.; VIEIRA, A. J. N. L. Zoneamento de risco de escorregamento das encostas ocupadas por vilas operárias como subsídio à elaboração do plano de gerenciamento de áreas de risco da estância climática de Campos do Jordão - SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 44-58. (CD-ROM)

RESUMO
Este artigo apresenta aspectos metodológicos referentes aos trabalhos de mapeamento de risco realizados em Campos do Jordão, município do Estado de São Paulo. O estudo realizado teve como ponto de partida o reconhecimento dos processos ocorridos nas encostas das áreas urbanas municipais. São apresentados e descritos parâmetros geomorfológicos, geológico-geotécnicos e de intervenções antrópicas utilizados para a determinação do grau de risco de setores de encosta nas chamadas vilas operárias. É apresentada também a proposta de um plano municipal de atuação nas áreas de risco de escorregamentos.
Palavras-chave: escorregamentos, áreas de risco, mapeamento de risco, Campos do Jordão.

ABSTRACT
This paper presents methodological aspects related to the landslide risk mapping of Campos do Jordão City, located in São Paulo State. These works were conducted especially considering the widespread accidents of landslides occurred in January, 2000, in the urban area. In order to determine the specific risk level of the slopes in the urban area, geomorfological, geotechnical and man-made actions were used as parameters. Also, it was proposed a plan for the management of landslide risk areas to help increase the safety of the people living in.
Key-words: landslides, risk areas, risk mapping, Campos do Jordão.

1. INTRODUÇÃO

Em janeiro de 2000, o município da Estância Climática de Campos do Jordão foi severamente atingido por acidentes de escorregamentos. Após participarem dos trabalhos de atendimento emergencial pós-desastre, técnicos do IPT foram contratados para realizar trabalhos visando a recuperação das áreas atingidas. Dentre as diversas atividades desenvolvidas, destacam-se os estudos de análise de risco geológico para a identificação dos diferentes compartimentos de risco de escorregamentos presentes nas encostas das vilas operárias e as correspondentes proposições de medidas gerais e específicas de recuperação e prevenção de acidentes. Este trabalho apresenta o roteiro utilizado no estudo de análise de risco, os produtos obtidos e o Plano de Gerenciamento de Áreas de Risco de Escorregamentos desenvolvido a partir desses estudos.

2. ASPECTOS GERAIS SOBRE O PROBLEMA DE INSTABILIDADE DE ENCOSTAS EM CAMPOS DO JORDÃO

O *Planalto de Campos do Jordão*, onde se situa a cidade de Campos do Jordão, é um dos planaltos cristalinos que constituem o Planalto Atlântico no Estado de São Paulo. Esse planalto apresenta-se tectonicamente elevado, em cotas topográficas superiores a 1.500 metros de altitude, e maturamente dissecados. Os processos intempéricos atuantes na denudação dos terrenos e na conformação da paisagem ajudaram a formar um relevo local bastante acidentado. O modelado atual, fortemente condicionado pelas estruturas e litologias presentes na área, caracteriza-se pela presença de morros altos e de anfiteatros de erosão com planícies aluvionares restritas onde se encontram depósitos de argila orgânica de espessuras variadas.

As características geológicas e geotécnicas dos depósitos de argila orgânica e o seu comportamento bastante sensível a intervenções antrópicas bruscas que alteram as suas condições de equilíbrio original têm condicionado processos de instabilização notáveis na área urbana do município de Campos do Jordão. Em 2002, na Vila Abernéssia, ocorreu um processo de instabilização de encostas condicionado pela presença de uma camada de argila orgânica em anfiteatro restrito de drenagem. Esse processo teve origem a partir da execução de obras de escavação que modificaram a condição de estabilidade original causando a instabilização do terreno, provocando trincas de tração, degraus de abatimento e rupturas remontantes na porção superior adjacente e esforços compressivos na porção de base.

Além desses processos condicionados pela presença de argila orgânica, ocorrem freqüentemente escorregamentos do tipo planar raso (Foto 1) em encostas de alta declividade natural, induzidas pelas intervenções advindas da ocupação urbana inadequada, e deflagrados por eventos de chuvas intensas. Nos estudos realizados no âmbito deste trabalho foram priorizadas as áreas de risco ocupadas pela população de baixo poder aquisitivo, sujeitas a acidentes de escorregamentos do tipo planar raso.

Foto 1 - Acidentes associados a escorregamentos planares rasos no bairro do Britador.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS DO MAPEAMENTO DE RISCO

Os trabalhos de mapeamento de risco de processos de escorregamentos realizados pelo IPT foram precedidos de intensas discussões com dirigentes do Poder Público Municipal e tiveram como objetivo geral, a produção de subsídios técnicos para a montagem de um Plano Municipal de Gerenciamento de Áreas de Risco de Escorregamentos. Esse plano nortearia as ações municipais de controle da ocupação de encostas e de recuperação e melhoria das condições de habitação das vilas operárias gravemente atingidas pelos acidentes de 2000.

Para atender aos objetivos propostos, dois tipos de mapeamento de risco foram realizados: o mapeamento geral de risco com a identificação das áreas de maior e menor risco de escorregamentos presentes na mancha urbana do município, tendo como produto a Carta de Risco de Escorregamentos da Área Urbana de Campos do Jordão (IPT, 2002), elaborado na escala de 1:25.000; e o mapeamento detalhado com a setorização de risco das localidades mais afetadas pelos escorregamentos ocorridos em 2000 que propiciou a identificação e delimitação, numa escala de grande detalhe, dos compartimentos com diferentes graus de risco em cada uma das vilas operárias. A seguir serão apresentados os aspectos metodológicos e as atividades específicas referentes ao trabalho de zoneamento de risco.

3.1 Definição e delimitação das áreas a serem mapeadas

Sete bairros denominados de vilas operárias, localizados na região central da cidade e ocupados pela população de mais baixa renda, foram indicados pela prefeitura municipal como as áreas de estudo: Vila Santo Antônio, Morro do Britador, Jardim das Andorinhas, Vila Albertina, Vila Sodipe, Vila Nadir e Vila Paulista Popular. Essas áreas de ocupação de encosta foram severamente atingidas pelos escorregamentos ocorridos em janeiro de 2000, que causaram a morte de 10 pessoas e a destruição de muitas moradias. Esses bairros constituem as principais áreas de grau de risco alto indicadas na Carta de Risco de Escorregamentos da Área Urbana de Campos do Jordão.

3.2 Reconhecimento das tipologias dos processos ocorrentes e dos cenários de risco de escorregamentos

O reconhecimento dos acidentes de escorregamentos ocorridos em 2000 propiciou uma compreensão clara das tipologias dos processos de escorregamentos ocorrentes em diferentes setores de encosta nos diversos bairros operários, bem como permitiu avaliar os respectivos cenários de risco de acidentes em termos de magnitude dos processos esperados, raio de alcance, volumes mobilizados, energia e impacto destrutivo. O reconhecimento prévio dos locais mais atingidos e o estudo dos processos ocorridos e dos danos causados foram importantes para a definição dos parâmetros de análise de risco e para o estabelecimento do grau de risco de cada setor analisado.

3.3 Definição dos parâmetros de zoneamento de risco

Sob o ponto de vista metodológico, os distintos setores de risco foram delimitados levando-se em conta os fatores condicionantes naturais como morfologia dos terrenos e a declividade natural das encostas, e os fatores antrópicos como a forma de intervenção física nas encostas com a geração de taludes de corte e aterro, as coberturas superficiais decorrentes dessas movimentações de terra (aterros lançados), o padrão construtivo das moradias e aspectos relacionados a modificações no escoamento das águas superficiais decorrentes das intervenções urbanas, notadamente o sistema viário e sistemas de drenagem.

Para a delimitação dos setores, procurou-se considerar a malha viária existente com o objetivo de facilitar a identificação dos limites espaciais dos setores. A setorização de risco preliminar foi desenvolvida a partir da análise da compartimentação geomorfológica dos terrenos e os trabalhos de identificação e análise dos distintos setores de risco

basearam-se em trabalhos de escritório e vistorias de campo, visando conseguir o máximo de informações de interesse para a descrição da situação presente em cada compartimento de encosta. As informações obtidas permitiram uma avaliação do cenário de risco geral de cada setor, bem como a identificação de situações pontuais de instabilização das encostas e a proposição de medidas específicas de controle e prevenção de acidentes.

3.3.1 Zoneamento geomorfológico

O zoneamento geomorfológico das áreas foi realizado por meio de um primeiro esboço traçado preliminarmente em trabalhos de escritório, usando-se fotos recentes e bases topográficas, e considerando os processos e acidentes ocorridos nas encostas de cada vila operária. Após essa fase, foram conduzidos levantamentos de campo para precisar os limites anteriormente obtidos resultando em uma setorização de caráter geomorfológico.

No âmbito desse trabalho, foram reconhecidos os seguintes compartimentos e sub-compartimentos geomorfológicos:

a) *Terrenos de topo de morro*;
b) *Trechos de encosta superior*;
c) *Trechos de encosta inferior*;
d) *Trechos de fundo de vale*; e
e) *Grotas de erosão associadas a linhas de drenagem de alta energia*.

3.3.2 Declividade

Mapas de declividade foram gerados (Figura 1), para cada vila operária, com a finalidade de se obter uma visualização mais clara desse importante condicionante para processos de escorregamentos planares rasos. Essas áreas, quando observadas no mapa e cruzadas com os eventos ocorridos em 2000 apontam, claramente, que os locais onde ocorreram os acidentes mais graves constituem as porções de encosta nas quais predominam declividades superiores a 30 graus. Nesses trechos, houve uma grande concentração de rupturas de grande extensão e alta energia de deslocamento e impacto destrutivo. Os terrenos que apresentam um predomínio de encostas com declividade natural superior a 30 graus são, portanto, bastante suscetíveis à ocorrência desses processos de instabilização.

3.3.3 Intervenções antrópicas nas encostas

Além das condições naturais do meio físico, as ações antrópicas foram fator preponderante para a ocorrência dos acidentes verificados em 2000. De uma maneira geral,

o processo de ocupação das encostas nos bairros operários tem-se desenvolvido por meio de cortes e aterros para a formação dos patamares onde são construídas as moradias. Os cortes modificam a geometria natural das encostas e dão origem a taludes íngremes de alturas variáveis, que causam o desconfinamento das porções de encosta situadas a montante. Por outro lado, os aterros representam "depósitos" de material terroso lançado nas encostas, provenientes das escavações realizadas nos taludes de corte. Esses aterros recobrem as camadas mais superficiais de solo e constituem materiais de estabilidade precária (Figura 2).

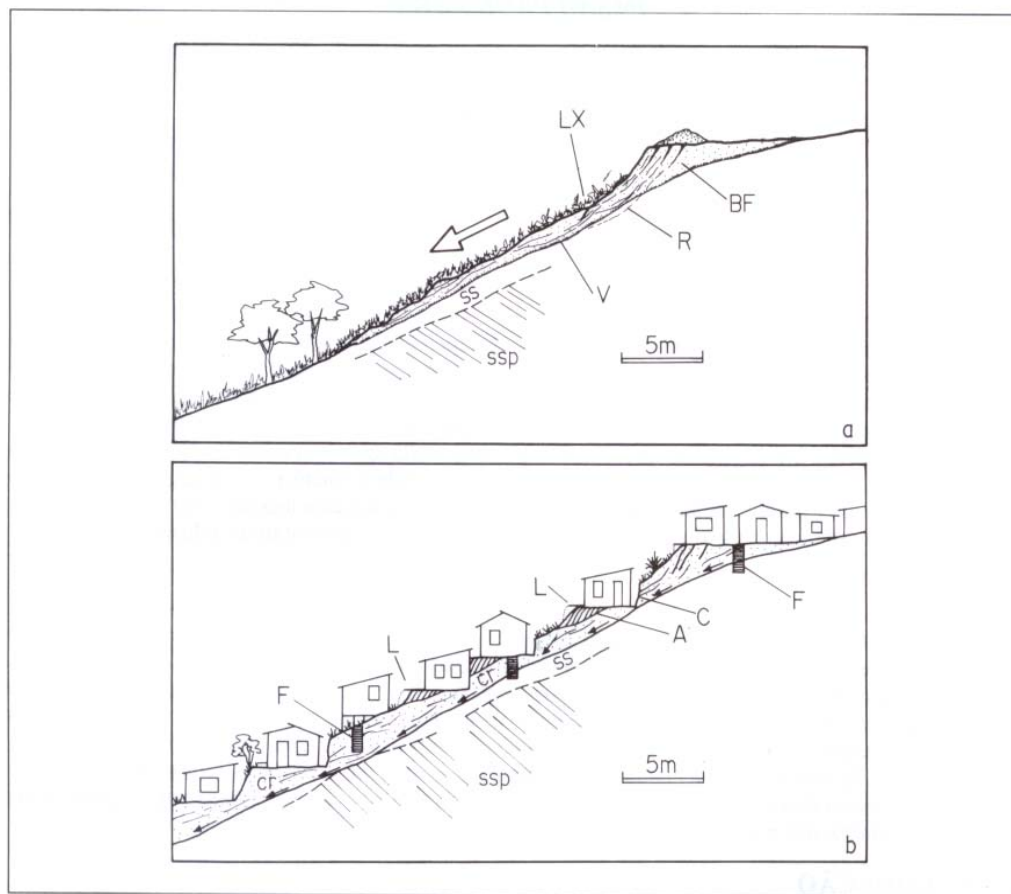



Figura 2 – Perfil esquemático de instabilização de encostas ocupadas por moradias de baixo padrão construtivo em patamares de corte e aterro; Fonte: Pellogia, 1994[1].

[1] SS = solo superficial; ssp = solo saprolítico; BF = "bota-fora"; V = camada de vegetação superficial encoberta; LX = vazadouro de lixo; R = Rupturas no "bota-fora"; C = corte; A = aterro; L = lançamento de águas servidas; F = fossas rasas; Cr = cobertura remobilizada.

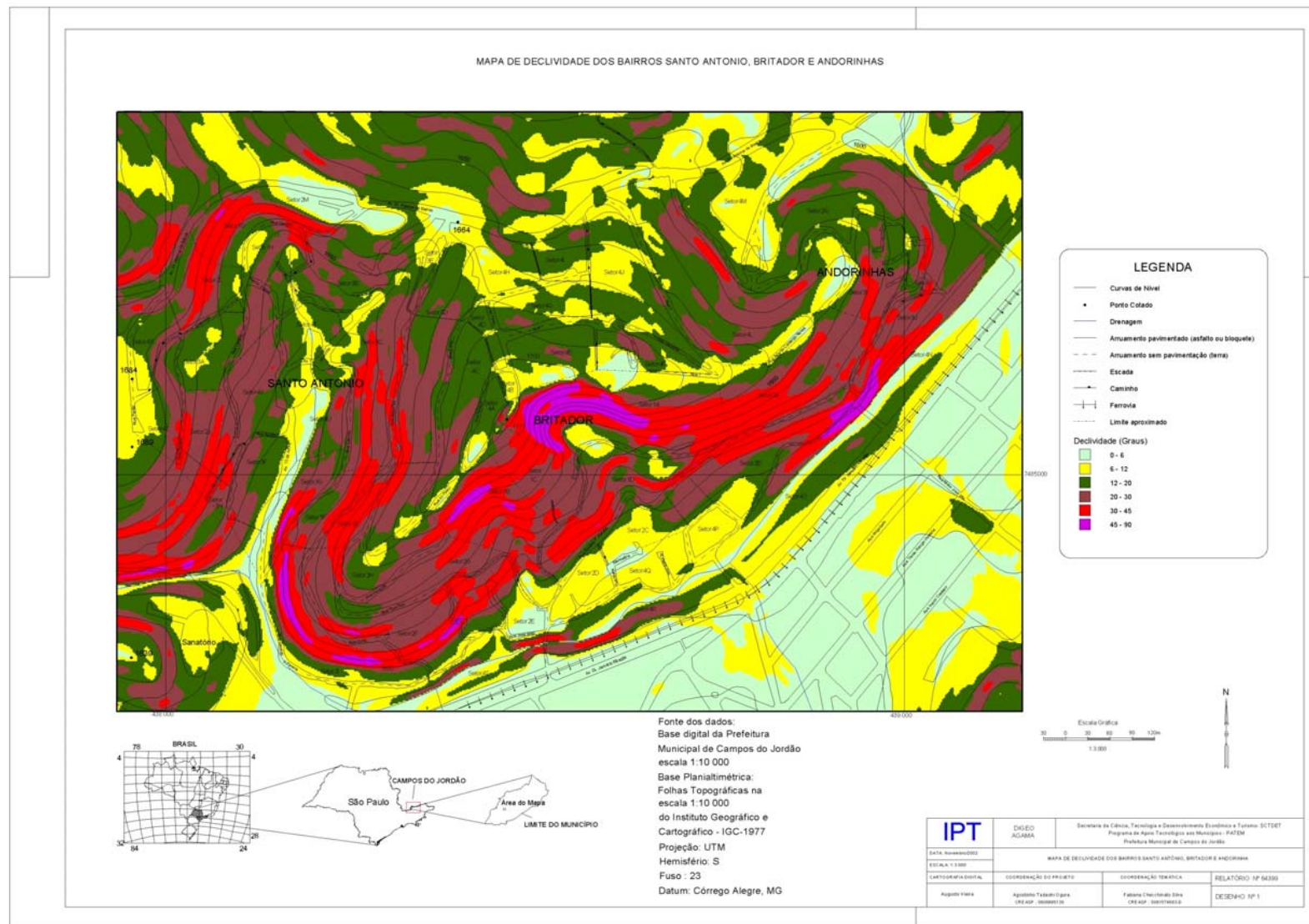



Figura 1 – Mapa de declividade dos bairros Santo Antônio, Britador e Andorinhas.

Intervenções desse tipo, associadas à forma de implantação das moradias, são responsáveis pela situação de instabilidade generalizada dos terrenos ocupados por assentamentos espontâneos. Nas porções de encosta de perfil retilíneo ou suavemente convexo, de alta declividade natural, as coberturas de solo são de forma geral rasas, alcançando no máximo 2 metros de profundidade. Os escorregamentos ocorrentes nesses setores de encosta são predominantemente do tipo planar raso (Foto 2).

Foto 2 – Detalhe da destruição causada pelos escorregamentos ocorridos em patamares de corte e aterro no bairro do Britador.

3.3.4 Padrão construtivo das moradias

O padrão construtivo das residências nas áreas mapeadas é outro fator que foi considerado tendo em vista a maior ou menor vulnerabilidade da edificação em caso de ocorrência de escorregamento. Nas vilas operárias de Campos de Jordão as piores situações de risco referem-se às edificações construídas com baixos recursos, com o uso de madeira, nos piores trechos de encosta, sem a mínima condição de fundação.

3.3.5 Precariedade da infra-estrutura urbana

O baixo grau de urbanização nessas áreas representa outro aspecto importante a ser considerado na questão da ocorrência de escorregamentos, principalmente no que tange à ausência ou deficiência dos sistemas de drenagem superficial. Locais de convergência e concentração natural das águas superficiais, tipificadas pelas grotas de erosão e anfiteatros de

drenagem, apresentam suscetibilidade elevada de ocorrência de processos de instabilização de encostas de médio e grande porte. O escoamento concentrado induzido pelo sistema viário (Figura 3) e a ausência, má concepção ou deficiência na implantação dos sistemas de drenagem, são responsáveis por diversas situações de risco de instabilização de encostas. Os locais com deficiência no sistema de drenagem constituem situações preocupantes sob o ponto de vista de risco, haja vista a possibilidade de ocorrência de acidentes de grande extensão e de grande impacto social e econômico. Por outro lado, são as áreas urbanas mais passíveis de serem consolidadas, desde que se realize a regularização e ordenamento do escoamento das águas pluviais, por meio do correto dimensionamento do sistema de drenagem urbana local.

3.4 Classificação de graus de risco

Os setores de risco foram classificados em 4 classes de risco, segundo a caracterização apresentada a seguir:

- Setores de grau de risco baixo: terrenos cuja suscetibilidade de ocorrência de processos de instabilização de encostas é naturalmente baixa. Os riscos porventura existentes relacionam-se com situações pontuais induzidas por intervenções do tipo corte e aterro. Os setores de grau de risco baixo compreendem geralmente áreas que apresentam condições morfológicas e geotécnicas favoráveis para a ocupação urbana.

- Setores de grau de risco moderado: trechos de encostas que apresentam suscetibilidade natural a processos de escorregamentos e onde as condições da ocupação urbana apresentam certa precariedade em relação às intervenções antrópicas. Compreendem setores que apresentam trechos de encosta suscetíveis a processos de onde podem ocorrer acidentes de escorregamentos esparsos. São áreas nas quais o planejamento do adensamento urbano e a implantação de melhorias urbanas podem garantir condições seguras de habitação e menor vulnerabilidade à ocorrência de acidentes.

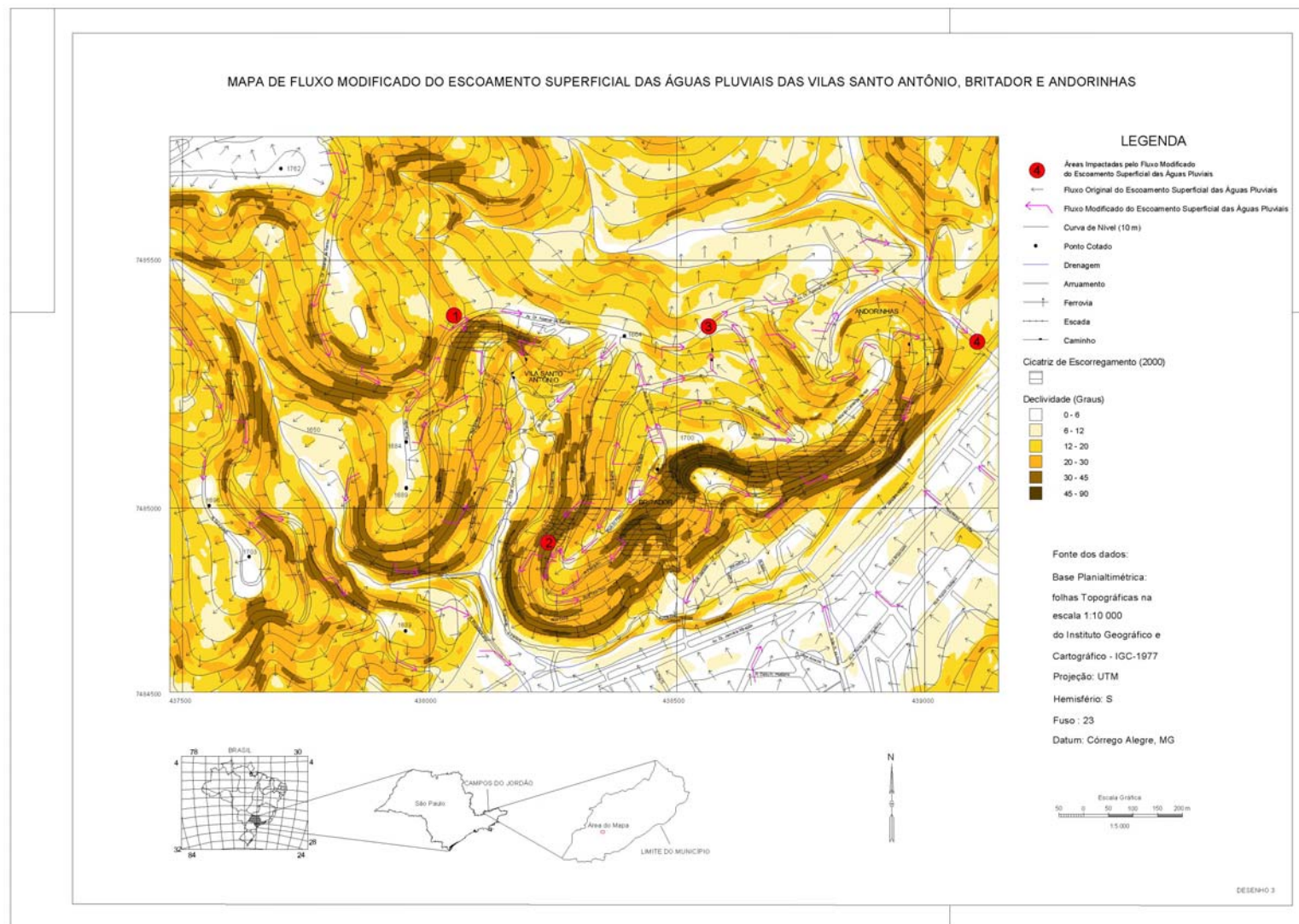



Figura 3 – Mapa de fluxo modificado de escoamento superficial das águas pluviais.

- Setores de grau de risco alto: trechos de encostas onde predominam a alta suscetibilidade a processos de escorregamentos induzidos pela ocupação, associada a taludes de corte e aterro e problemas de drenagem superficial. A vulnerabilidade à ocorrência de acidentes é geralmente relacionada com situações pontuais, mas é grande o número dessas situações. Nos setores de grau de risco alto podem ocorrer acidentes de escorregamentos de caráter generalizado. Compreendem setores onde a maior parte dos terrenos apresentam encostas de alta declividade natural, superior a 20 graus, e alta concentração de moradias, nos quais somente a adoção de medidas de melhoria da infra-estrutura urbana e a fiscalização contínua e rigorosa do uso e ocupação dessas áreas podem garantir condições seguras de habitação.

- Setores de grau de risco muito alto: compartimentos de encostas que apresentam condições naturais muito favoráveis à ocorrência de processos de instabilização de grande porte. Esses setores compreendem compartimentos e sub-compartimentos morfológicos onde as condições do meio físico são favoráveis à ocorrência de processos de instabilização de encostas de grande poder destrutivo. Constituem os locais onde ocorreram os mais graves acidentes de escorregamentos em 2000. Nos setores de muito alto risco deve haver máxima restrição de seu uso para habitações de padrão construtivo precário.

4. PLANO DE GERENCIAMENTO DE ÁREAS DE RISCO

O Plano de Ação proposto visa fornecer diretrizes para a gestão da ocupação de encostas e a redução de acidentes de escorregamentos. O Plano abrangeria um conjunto de medidas estruturais e não-estruturais, e seria composto dos seguintes programas:

4.1 Programa de Urbanização de Áreas de Risco

Esse programa abrange um conjunto de medidas de caráter essencialmente estrutural, composto basicamente por obras de infra-estrutura urbana e serviços públicos básicos, a serem implementados, nas áreas de risco de escorregamentos.

A realização dessas obras e serviços tende a solucionar grande parte dos principais problemas de instabilização de encostas presentes nas áreas de risco, na medida em que os projetos possam abranger obras subordinadas, tais como estabilizações localizadas e sistemas de drenagem das águas pluviais. Esse programa foi concebido considerando-se a carência de obras de infra-estrutura urbana, e a importância das mesmas enquanto obras de consolidação

geotécnica. Considerou-se também ser inviável projetar e realizar uma série de obras pontuais independentes. Nesse sentido, as obras previstas no Programa de Urbanização de Áreas de Risco devem idealmente abranger a área de risco como um todo, podendo integrar intervenções para a contenção de taludes localizados.

4.2 Programa de Intervenções Emergenciais e de Controle da Expansão Urbana

Esse programa abrange ações de caráter de Defesa Civil e de controle da expansão urbana, onde as medidas principais são a remoção permanente de moradias situadas em setores de muito alto risco e o "congelamento" desses setores, visando impedir a instalação de novas e piores situações de risco de escorregamentos.

O programa é principalmente adequado para as áreas de risco de escorregamentos, onde a ocupação apresenta-se ainda não consolidada, com um número relativamente pequeno de moradias de baixo padrão construtivo. Em alguns setores de ocupação de encostas, torna-se mais viável, por uma questão de custo/benefício, o gerenciamento do risco por meio da remoção de um conjunto de moradias ao invés da realização de obras de urbanização. As áreas verdes e áreas públicas invadidas devem ser objeto de ações relacionadas com este programa. As ações de remoção da população sob risco, principalmente aquela instalada irregularmente em áreas públicas e institucionais, devem ser respaldadas por instrumentos jurídicos convenientes.

O controle da expansão urbana nas áreas de risco estudadas deve ser realizado buscando também fiscalizar e impedir a ocupação irregular nos setores de maior risco de ocorrência de acidentes.

4.3 Programa de Monitoramento de Situações Potencialmente Perigosas para a Ocorrência de Acidentes de Escorregamentos

Esse programa visa diminuir a possibilidade de ocorrência de acidentes de escorregamentos por meio de ações de vistoria permanente das áreas de risco, buscando observar situações e feições indicativas de instabilização dos terrenos. Esse trabalho pode ser realizado pela Guarda Municipal, em parceria com a Defesa Civil, durante o período chuvoso, mais crítico para a ocorrência de acidentes. Parcerias podem ser feitas com a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – CEDEC, da Casa Militar do Governo do Estado, buscando integrar ações conjuntas de Defesa Civil, tanto operacionais quanto de preparação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maior parte dos estudos realizados neste projeto tiveram como objetivo diagnosticar as diferentes situações de risco de escorregamentos relacionados com as ocupações de encosta na área urbana do município de Campos do Jordão.

Espera-se que as orientações técnicas apresentadas possam trazer subsídios ao poder publico municipal para a formulação de políticas públicas relacionadas com a ocupação das encostas dos morros da cidade. Espera-se mais ainda, que as comunidades carentes que se encontram em áreas de risco sejam efetivamente beneficiadas nas condições de segurança e habitação, por meio de ações continuadas de melhoria da infra-estrutura urbana nos morros.

Os acidentes de escorregamentos em Campos do Jordão são fortemente induzidos pelas intervenções humanas, apesar do pano de fundo geológico e geomorfológico responsável pela topografia acidentada e pela dinâmica energética dos processos geológicos superficiais. Por essa razão, a mudança dos padrões atuais da forma de uso e ocupação dos terrenos a ser ditada pelo poder público municipal deve propiciar melhorias na segurança e qualidade de vida de parcela significativa da população jordanense que habita os morros da cidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Assessoria Técnica para a estabilização das encostas, recuperação da infra-estrutura urbana e reurbanização das áreas de risco atingidas por escorregamentos na área urbana do município de Campos do Jordão**. Relatório Técnico 64.399.5v. IPT, São Paulo, 2002.

PELLOGIA, A. U. G. As coberturas remobilizadas: depósitos tecnogênicos de encostas urbanas no município de São Paulo. **Revista Solos e Rochas**, São Paulo, v.17, p.125-129, 1994.

MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO DE ESCORREGAMENTOS E SOLAPAMENTO DE MARGENS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO – SP: O EXEMPLO DA FAVELA SERRA PELADA, SUBPREFEITURA BUTANTÃ

EDUARDO SOARES DE MACEDO[1]
KÁTIA CANIL[1]
MARCELO FISCHER GRAMANI[1]
GERSON SALVIANO ALMEIDA FILHO[1]
NESTOR KENJI YOSHIKAWA[1]
FABRÍCIO ARAÚJO MIRANDOLA[1]
BIANCA CARVALHO VIEIRA[2]
LÍLIAN MARIA AMSTALDEN BAIDA[3]
OSWALDO AUGUSTO FILHO[4]
EDUARDO JUN SHINOHARA[4]

[1]IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
Av. Prof. Almeida Prado, 532, São Paulo, SP, CEP 05508-901
[2]Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, São Paulo, Brasil
[3]Geóloga Autônoma
[4]Universidade São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brasil
{esmacedo, canilkat, mgramani, gersaf, nestorky, fabrício}@ipt.br
bianca@ourinhos.unesp.br; lilianbaida01@hotmail.com
oafilho@sc.usp.br; edjun@usp.br

MACEDO, E. M.; CANIL, K.; GRAMANI, M. F.; ALMEIDA FILHO, G. S.; YOSHIKAWA, N. K.; MIRANDOLA, F. A.; VIEIRA, B. C.; BAIDA, L. M. A.; AUGUSTO FILHO, O.; SHINOHARA, E. J. Mapeamento de áreas de risco de escorregamentos e solapamento de margens no município de São Paulo – SP: o exemplo da favela Serra Pelada, Subprefeitura Butantã. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 59-72. (CD-ROM)

RESUMO
O presente artigo relata os resultados obtidos por meio do mapeamento de áreas de risco sujeitas a escorregamentos e solapamento de margens em assentamentos precários e loteamentos irregulares do município de São Paulo, com vistas à implementação de uma política pública de gerenciamento de riscos para essas áreas. Esses estudos foram solicitados pela Secretaria Municipal de Subprefeituras da cidade de São Paulo e contemplaram o mapeamento de risco em 205 favelas e loteamentos irregulares em 20 Subprefeituras, das quais o IPT mapeou 96 áreas em 6 Subprefeituras. A metodologia adotada foi elaborada pelas equipes da Prefeitura Municipal de São Paulo, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT e da Universidade Estadual Paulista - UNESP, a partir da experiência dos profissionais envolvidos. Os trabalhos estão fundamentados na realização de investigações geológico-geotécnicas expeditas, análise da probabilidade de ocorrência dos processos relacionados à dinâmica externa, identificação dos setores de risco, análise de possíveis conseqüências dos processos e a indicação de medidas de intervenção adequadas para os diferentes casos. O artigo mostra um exemplo de diagnóstico de áreas de risco da Favela Serra Pelada, subprefeitura do Butantã.
Palavras-chave: escorregamentos, solapamentos de margens, assentamentos precários, riscos geológicos, mapeamento.

ABSTRACT
This paper presents the results of slump mapping for landslide and river erosion prone areas. This mapping was made for the São Paulo Institute for Tecnological Research – IPT technical staff. The main objective is support a public police for slump areas in São Paulo Municipality. The methodology is described in the article and include geologic-geothecnical investigations, probability analisys for processes, identification of risk sectors, consequences analisys, and indication of civil works for the remediation.
Key-words: landslide, slump, river erosion, geolocical risk, mapping.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho relata os resultados do mapeamento de riscos associados a escorregamentos em áreas de encostas e a solapamentos de margens de córregos em 96 favelas das zonas sul e parte da oeste do Município de São Paulo. Os estudos contemplaram as subprefeituras do Campo Limpo, M'Boi Mirim, Capela do Socorro, Parelheiros, Cidade Ademar e Butantã e foram realizados por equipes do. Instituto de Pesquisas do Estado de São Paulo – IPT. Esse trabalho teve como objetivo a caracterização das áreas de risco com indicação de medidas corretivas, subsidiando o Programa de Gerenciamento de Riscos da Prefeitura do Município de São Paulo. Neste artigo, como exemplo, é apresentado o diagnóstico realizado na Favela Serra Pelada, subprefeitura do Butantã, zona oeste da capital.

A Figura 1 mostra a localização das Subprefeituras.

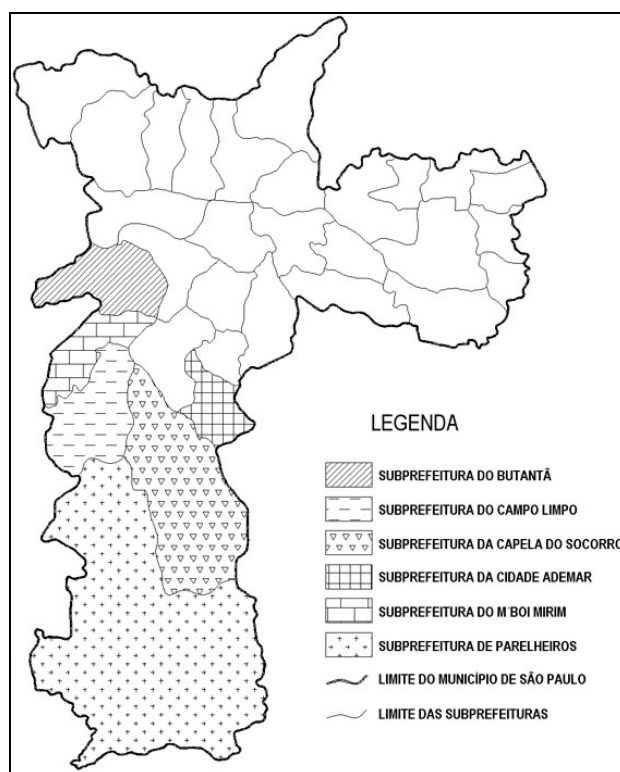



Figura 1 – Localização das áreas mapeadas no município de São Paulo.

2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O mapeamento das áreas de risco está baseado no método e procedimento técnico apresentado por CERRI et al. (2004), além de diversas informações apresentadas por Carvalho e Hachich (1997), Carvalho (2000), Macedo (2001) e Nogueira (2002).

As principais etapas de trabalho para o mapeamento das áreas sujeitas a escorregamentos e solapamento de margens consistiram em:

- sobrevôo de helicóptero para obtenção de fotos oblíquas de baixa altitude;
- investigações geológico-geotécnicas expeditas para caracterização e definição dos setores de análise;
- determinação da probabilidade de ocorrência de processo destrutivo;
- avaliação das conseqüências potenciais; e
- recomendações para intervenções estruturais e não estruturais para controle ou minimização dos riscos determinados.

Baseado nas bibliografias apresentadas acima, são apresentados os dados utilizados para elaborar o diagnóstico dos setores e a descrição dos processos de instabilização (Quadro 1) e os parâmetros utilizados para caracterizar a densidade da ocupação nas áreas vistoriadas (Quadro 2).

A partir dos resultados obtidos por meio das avaliações de campo, foram utilizados alguns critérios de julgamento da probabilidade de ocorrência de processos de instabilização nos diferentes setores individualizados (Quadro 3).

Após a definição dos diferentes setores de risco para cada área visitada, foram sugeridas obras para controle e/ou minimização da ocorrência dos processos analisados. O Quadro 4 mostra a tipologia de intervenções voltadas à redução de riscos associados a escorregamentos em encostas ocupadas e a solapamentos de margens de córregos para diferentes setores de risco identificados nas áreas visitadas.

3. RESULTADO DO MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO

Após os trabalhos de campo em todas os assentamentos foi elaborado relatório contendo a ficha geral de campo, fichas dos setores, fotografias aéreas, fotos oblíquas e fotos de campo. A Tabela 1 mostra um resumo dos principais dados obtidos. De acordo com a Tabela 1, foram cadastrados 302 setores de risco, distribuídos nas 96 favelas visitadas. Destes 302 setores, cerca de 85% estão relacionados a problemas de escorregamentos de encostas e 15% relacionado a solapamento de margens. Em relação aos graus de risco, 16% dos setores foram cadastrados em grau muito alto de risco, 27% em grau alto, 32% em grau médio e 25% em grau baixo. Foram contadas cerca de 28.300 moradias, situadas em setores com os seguintes graus de risco: muito alto (7%), alto (10%), médio (37%) e baixo (46%), sendo sugeridas apenas 48 remoções imediatas.

		Sub-Prefeituras					
		Butantã	Capela do Socorro	Campo Limpo	M´Boi Mirim	Parelheiros	Cidade Ademar
N° Favelas		11	33	15	17	8	12
N° Setores		34	92	54	63	16	43
Processos	Escorregamento	28	77	39	61	16	36
	Solapamento de Margens	5	15	15	2	-	7
Graus de Risco	MA	6	13	18	6	1	6
	A	2	26	7	23	7	14
	M	15	33	15	19	5	9
	B	11	20	14	15	3	14
N° Moradias	MA	204	507	941	103	65	159
	A	131	1060	229	415	305	647
	M	882	3671	1905	2464	655	1048
	B	2425	3815	3355	1897	174	1234
Remoções Sugeridas		11	-	2	28	-	7

Tabela 1 – Resultado final após o mapeamento dos 96 assentamentos precários selecionados para o presente estudo (MA – risco muito alto; A – risco alto, M – risco médio, B – risco baixo).

4. EXEMPLO DE DIAGNÓSTICO DE ÁREAS DE RISCO

As Figuras de 2 a 10 apresentam o exemplo de diagnóstico realizado na Favela Serra Pelada, subprefeitura do Butantã, zona oeste da capital.

Esse relatório constou de uma ficha geral com os dados de geologia, geomorfologia e resumo dos resultados com os setores mapeados, número de moradias e intervenções propostas pela equipe de campo (Figura 2). A Figura 3 apresenta a fotografia aérea com a delimitação dos setores e sua classificação em termos de graus de probabilidade. A Figura 4 contém a ficha de cadastro do setor 1, com o diagnóstico do setor, descrição do processo e a classificação do grau de probabilidade para esse setor. A Figura 5 apresenta fotografia aérea oblíqua obtida por helicóptero com a delimitação desse setor. As Figuras de 6 a 8 representam as fotografias tiradas durante os trabalhos de campo com os aspectos representativos do setor. As Figuras 9 e 10 mostram um trecho da área com fotografias aéreas oblíquas obtidas em fevereiro de 2002 (Fig. 9) e fevereiro de 2003 (Fig. 10), mostrando a velocidade da ocupação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento realizado para as subprefeituras do Butantã, Campo Limpo, M'Boi Mirim, Capela do Socorro, Parelheiros e Cidade Ademar foi fundamentado numa metodologia de zoneamento de áreas de risco e não em cadastro pontual de moradias em situação de risco.

Esse zoneamento possibilitará a avaliação das áreas, com objetivo de estabelecer soluções imediatas, de médio e longo prazo para as favelas em situações mais críticas. Destaca-se também que, durante os trabalhos de campo, observou-se que grande parte das situações de risco é provocada por intervenções antrópicas (cortes em altas declividades do terreno) e ausência de infra-estrutura (obras de drenagem e saneamento básico). A concentração das águas pluviais e o vazamento em tubulações constituem os principais fatores desencadeadores dos processos.

Em termos de equipes de trabalho, é importante ressaltar que esse tipo de levantamento exige profissionais experientes e treinados, já que se baseia em critérios de julgamento, muitas vezes subjetivos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, C.S. Análise quantitativa de riscos e seleção de alternativa de intervenção: exemplo de um programa municipal de controle de riscos geotécnicos em favelas. In: WORKSHOP SOBRE SEGUROS NA ENGENHARIA, 1., 2000. **Anais...**, ABGE, São Paulo, 2000. p. 49-56.

CARVALHO, C.S.; HACHICH, W. Gerenciamento de riscos geotécnicos em encostas urbanas. **Solos e rochas**, v. 20:3, p.179-187, 1997.

CERRI, L.E. et al. Método, critérios e procedimentos adotados em mapeamento de risco em assentamentos precários no Município de São Paulo (SP). SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 5., 2004. **Anais...**, ABGE, São Carlos, 2004. (No prelo).

MACEDO, E. S. **Elaboração de cadastro de risco iminente relacionado a escorregamentos: avaliação considerando experiência profissional, formação acadêmica e subjetividade**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – Unesp, Rio Claro, 2001. 276 p.

NOGUEIRA, F.R. **Políticas públicas municipais para gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos em áreas de ocupação subnormal**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – Unesp, Rio Claro, 2002. 253 p.

CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	Talude natural/ corte Altura do talude Aterro compactado/lançado Distância da moradia Declividade Estruturas em solo/rocha desfavoráveis Presença de blocos de rocha/matacões/ paredões rochosos Presença de lixo/entulho Aterro em anfiteatro Ocupação de cabeceira de drenagem
VEGETAÇÃO NO TALUDE OU PROXIMIDADES	Presença de árvores Vegetação rasteira Área desmatada Área de cultivo
EVIDÊNCIAS DE MOVIMENTAÇÃO	Trincas moradia/aterro Inclinação de árvores/postes/muros Degraus de abatimento Cicatrizes de escorregamentos Feições erosivas Muros/paredes "embarrigados"
ÁGUA	Concentração de água de chuva em superfície Lançamento de água servida em superfície Presença de fossas/rede de esgoto/rede de água Surgências d'água Vazamentos
MARGENS DE CÓRREGO	Tipo de canal (natural/sinuoso/retificado) Distância da margem Altura do talude marginal Altura de cheias Trincas na superfície do terreno

Quadro 1 – Dados utilizados para elaborar o diagnóstico dos setores e a descrição dos processos de instabilização.

CATEGORIA DE OCUPAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Área consolidada	Áreas densamente ocupadas, com infra-estrutura básica.
Área parcialmente consolidada	Áreas em processo de ocupação, adjacentes a áreas de ocupação consolidada. Densidade da ocupação variando de 30% a 90%. Razoável infra-estrutura básica.
Área parcelada	Áreas de expansão, periféricas e distantes de núcleo urbanizado. Baixa densidade de ocupação (até 30%). Desprovidas de infra-estrutura básica
Área mista	Nesses casos, caracterizar a área quanto a densidade de ocupação e quanto a implantação de infra-estrutura básica

Quadro 2 – Parâmetros utilizados para caracterizar a densidade da ocupação nas áreas.

Grau de Probabilidade	*Descrição*
R1 Baixo	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens. É a condição menos crítica. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período de 1 ano.
R2 Médio	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de alguma(s) evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.
R3 Alto	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de significativa(s) evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.
R4 Muito Alto	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. As evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação à margem de córregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número e/ou magnitude. É a condição mais crítica. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.

Quadro 3 – Critérios de julgamento da probabilidade de ocorrência de processos de instabilização.

TIPO DE INTERVENÇÃO	DESCRIÇÃO
SERVIÇOS DE LIMPEZA E RECUPERAÇÃO	Serviços de limpeza de entulho, lixo, etc. Recuperação e/ou limpeza de sistemas de drenagem, esgotos e acessos. Também incluem obras de limpeza de canais de drenagem. Correspondem a serviços manuais e/ou utilizando maquinário de pequeno porte.
OBRAS DE DRENAGEM SUPERFICIAL, PROTEÇÃO VEGETAL (GRAMÍNEAS) E DESMONTE DE BLOCOS	Implantação de sistema de drenagem superficial (canaletas, rápidos, caixas de transição, escadas d´água, etc.). Implantação de proteção superficial vegetal (gramíneas) em taludes com solo exposto. Eventual execução de acessos para pedestres (calçadas, escadarias, etc.) integrados ao sistema de drenagem. Proteção vegetal de margens de canais de drenagem. Desmonte de blocos rochosos. Predomínio de serviços manuais e/ou com maquinário de pequeno porte.
OBRAS DE DRENAGEM DE SUBSUPERFÍCIE	Execução de sistema de drenagem de subsuperfície (trincheiras drenantes, DHP, poços de rebaixamento, etc.). Correspondem a serviços parcial ou totalmente mecanizados.
ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO LOCALIZADAS OU LINEARES	Implantação de estruturas de contenção localizadas, como chumbadores, tirantes, microestacas e muros de contenção passivos de pequeno porte (h_{max} = 5 m e l_{max} = 10 m). Obras de contenção e proteção de margens de canais (gabiões, muros de concreto, etc.). Correspondem a serviços parcial ou totalmente mecanizados.
OBRAS DE TERRAPLENAGEM DE MÉDIO A GRANDE PORTE	Execução de serviços de terraplenagem. Execução combinada de obras de drenagem superficial e proteção vegetal (obras complementares aos serviços de terraplenagem). Obras de desvio e canalização de córregos. Predomínio de serviços mecanizados.
ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE MÉDIO A GRANDE PORTE	Implantação de estruturas de contenção de médio a grande porte (h_{max} > 5 m e l_{max} > 10 m), envolvendo obras de contenção passivas e ativas (muros de gravidade, cortinas, etc.). Poderão envolver serviços complementares de terraplenagem. Predomínio de serviços mecanizados.
REMOÇÃO DE MORADIAS	As remoções poderão ser definitivas ou não (para implantação de uma obra, por exemplo). Priorizar eventuais relocações dentro da própria área ocupada, em local seguro.

Quadro 4 – Tipologia de intervenções voltadas à redução de riscos associados a escorregamentos em encostas ocupadas e a solapamentos de margens de córregos.

MAPEAMENTO DE RISCO - FICHA GERAL DE CAMPO

SUBPREFEITURA: BUTANTÃ **ÁREA N°: 8 (SERRA PELADA)**

Equipe: Eduardo Soares de Macedo e José Luís Ridente Júnior (IPT) e Valter Tadashi Tuyama (PMSP)

Data: 02 / 12 / 2002

Localização da Área: Av. Eng. Heitor Antônio Eiras Garcia, 7070
Coordenadas: UTM 317.850 m Este, 7.388.600 m Norte

Identificação da Foto Vertical: FV-BT-8-01 (Arquivo PMSP/RESOLO; Faixa 06; Foto nº 0084; Escala 1:6.000).

Caracterização da Ocupação (padrão, tipologia das edificações, infra-estrutura) Moradias de baixa renda, sendo a maioria em alvenaria e alguns barracos de madeira. Em consolidação, com algumas intervenções, como escadarias e muros.
Caracterização Geológica Rochas muito alteradas (saprolito) do tipo migmatitos e gnaisses graníticos.
Caracterização Geomorfológica A região é composta de morros baixos, de amplitudes de 100m e declividade de 30%.

Setor nº	Grau de probabilidade	Nº de moradias ameaçadas	Alternativa de intervenção
1	R4-MUITO ALTO	5 a ser removidas	Remoção ou obras de estruturas de contenção de médio a grande porte.
2	R2-MÉDIO	36	Obras pontuais de drenagem superficial e proteção vegetal e estruturas de contenção localizadas em taludes de corte no fundo das casas e taludes de aterro na porção frontal.
3	R2 – MÉDIO	15	Obras pontuais de drenagem superficial e proteção vegetal e estruturas de contenção localizadas em taludes de corte no fundo das casas e taludes de aterro na porção frontal.
4	R1 – BAIXO	-	Serviços de limpeza e recuperação e obras de drenagem superficial

Figura 2 – Ficha resumo da área da Favela Serra Pelada, Butantã.

Figura 3 – Foto aérea vertical com a delimitação dos setores de risco.

MAPEAMENTO DE RISCO

Ficha de Campo: X Encosta

☐ Margem de Córrego

SUBPREFEITURA DO BUTANTÃ ÁREA Nº: 08 (SERRA PELADA) SETOR 1

Equipe: Eduardo Soares de Macedo e José Luís Ridente Júnior (IPT) e Valter Tadashi Tuyama (PMSP)

Data: 02/12/2002

Diagnóstico do setor (condicionantes e indicadores do processo de instabilização):

Talude natural e de corte.
Altura do talude: 20m (natural) e 4m (corte).
Aterro lançado.
Distância das moradias: 0-1m.
Declividade: 15-30°.
Presença de entulho e lixo.
Presença de árvores e vegetação rasteira.
Presença de trincas nas moradias e terrenos.
Árvores inclinadas.
Cicatriz de escorregamento.
Concentração de águas de chuva em superfície.
Vazamentos em tubulações de água e esgoto.

Descrição do Processo de Instabilização: (escorregamento de solo / rocha / aterro; naturais / induzidos; materiais mobilizados; solapamento; ação direta da água, etc):

Escorregamentos em taludes de corte e aterro, movimentando solo, lixo e entulho.

Observações (incluindo descrição de fotos obtidas no local e coordenadas):

Fotos FV-BT-8-01; FH-BT-8-01; FC-BT-8-01; FC-BT-8-02; FC-BT-8-03.
Ocorrência de escorregamentos nos cortes da rua abaixo do bairro, que já possui histórico de recorrência. A movimentação é constante e o material avança sobre a Av. Heitor Antonio Eiras Garcia, ocupando metade da pista.
Está sendo construído muro de arrimo com gigantes com até 3 metros de altura por 50 metros de comprimento, que estabiliza parte do setor.

Grau de Probabilidade: R4- MUITO ALTO

Figura 4 – Ficha de resumo do setor 1, da Favela Serra Pelada.

Figura 5 – Fotografia aérea oblíqua, com a vista do Setor 1 da Favela Serra Pelada.

Figura 6 – Fotografia de campo com a vista do Setor 1 com alta declividade e vegetação arbórea.

Figura 7 – Fotografia de campo do Setor 1 com escorregamento em solo, atingindo e obstruindo parcialmente uma Avenida.

Figura 8 – Fotografia de campo. Muro que estava sendo construído para estabilização do local.

Figura 9 – Fotografia aérea oblíqua. Vista aérea de parte da favela obtida em vôo datado de fevereiro de 2002.

Figura 10 – O mesmo local da Figura 9, fevereiro de 2003.

ESTUDO DA DINÂMICA EVOLUTIVA DA BOÇOROCA SÃO DIMAS NO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO, SP

GERSON SALVIANO ALMEIDA FILHO[1]
JAIR SANTORO[2]
LUIS ANTÔNIO GOMES[1]

[1]IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
Av. Prof. Almeida Prado, 532, São Paulo, SP, CEP 05508-901
[2]IG - Instituto Geológico - Secretaria do Meio Ambiente do Gov. do Estado de São Paulo
Av. Miguel Estéfano, 3900, Água Funda – São Paulo- SP- CEP-04301-903
gersaf@ipt.br; lagomes@ipt.br

ALMEIDA FILHO, G. S.; SANTORO, J.; GOMES, L. A. Estudo da dinâmica evolutiva da boçoroca São Dimas no município de São Pedro, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.73-86. (CD-ROM)

RESUMO
O processo de ocupação através da ação não-planejada, quando conduzido de forma agressiva provoca degradação ambiental, no qual, o homem é o principal agente. A erosão urbana é um dos mais sérios problemas ambientais que o homem vem enfrentando na atualidade, principalmente pelo aumento constante e progressivo das áreas atingidas, quer pela deficiência dos sistemas de drenagem ou pela suscetibilidade natural dos terrenos ao desenvolvimento desses processos. No município de São Pedro, ao longo dos últimos 40 anos, desencadeou-se um processo erosivo de grande porte (boçoroca) na área urbana, que vem colocando em risco a população que ocupa os seus entornos.
Palavras-chave: erosão, boçoroca, prevenção, controle de erosão, erosão urbana.

ABSTRACT
The land use forms are responsible for the alteration of environment, when not well planned. Man is the mayor agent of development of erosion process. The urban erosion is one of the most serious problem occupations at the moment, affecting many cities. The principal causes are the deficiency of a drainage system and the susceptibility of the soil of developing these processes. In São Pedro municipality, a gully erosion process was developed in the urban área creating risk conditions to the people living nearby.
Key-words: erosion, gullies, erosion control, urban erosion and prevision.

1. INTRODUÇÃO

O município apresenta uma boçoroca urbana de grandes dimensões localizada no Bairro Jardim São Dimas, sendo uma das maiores do Estado de São Paulo, que se desenvolveu pela reativação da cabeceira do Córrego Tucum, local denominado Recanto das Águas.

A ocorrência desse processo erosivo linear urbano está associada à falta de um planejamento adequado, que considere as particularidades do meio físico (geologia, geomorfologia e pedologia), as condições sociais e econômicas e as tendências de desenvolvimento urbano.

Com a expansão da cidade, e conseqüentemente com a implantação de loteamentos nas cabeceiras de drenagem, associadas à falta de planejamento no disciplinamento das águas pluviais e servidas, geradas na bacia de contribuição, a retirada de solo para aterros e

a exploração de areia nos portos da região no Córrego Tucum, são os fatores que contribuíram e levaram à evolução da erosão desde a década de 60.

2. METODOLOGIA

O estudo para a análise do processo erosivo e sua evolução ao longo do tempo, consiste na caracterização e entendimento do processo erosivo instalado, relacionando-o com as características do meio físico e do uso e ocupação do solo.

3. ÁREA DE ESTUDO

O município de São Pedro, localizado no centro-oeste do Estado de São Paulo, dista cerca de 198 km da capital, tem população estimada em 28. 000.Mil habitantes (Figura 1).

O município está situado, no contexto geomorfológico na Depressão Periférica do Estado de São Paulo, no pé da serra de São Pedro, sobre rochas da Formação Pirambóia e sobre sedimentos cenozóicos recentes, poucos coesos, vermelho-amarelos, da Formação Rio Claro. O relevo é de colinas médias com topos aplainados e vertentes com perfis convexos e retilíneos, desenvolvendo-se predominantemente solos arenosos que caracteriza áreas altamente suscetíveis aos processos erosivos.

Trabalhos realizados por Santoro (1991) no estudo da fenomenologia com ênfase na caracterização geotécnica dos materiais afetados pelo processo erosivo, classificam a área como "extremamente arenosa e friável, elevada porosidade, índices de vazios relativamente altos e os baixos valores de coesão e ângulo de atrito interno do sedimento da boçoroca, favorecem os fenômenos de erosão superficial e interna, principalmente nos arenitos da Formação Piramboia".

Tais características propiciam uma rápida evolução dos processos erosivos, particularmente das boçorocas, tanto laterais com verticalmente (Santoro, op. cit.).

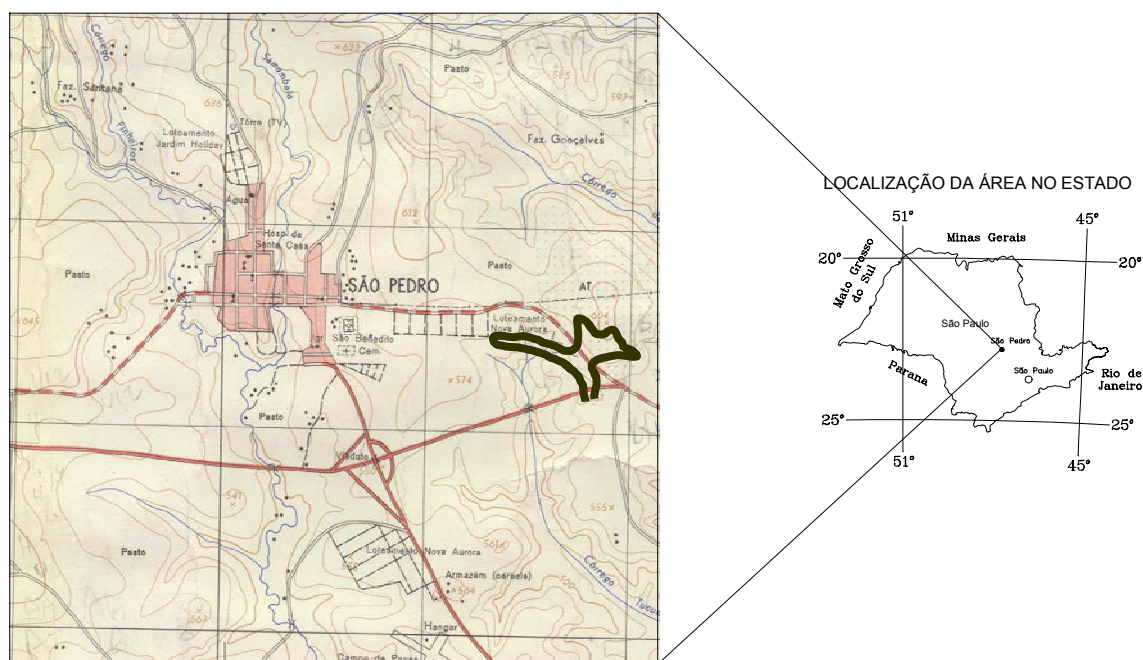



Figura 1. Localização da boçoroca no município de São Pedro, SP.

4. CONCEITUAÇÃO DO PROCESSO EROSIVO

Os processos erosivos são condicionados basicamente por alterações do meio ambiente, provocadas pelo uso do solo nas suas várias formas, desde o desmatamento e agricultura, até obras urbanas e viárias, que, de alguma forma, propiciam a concentração das águas de escoamento superficial.

Infelizmente, o homem tem se mostrado indolente quanto à avaliação dos efeitos da erosão acelerada, mesmo após reconhecer a severidade de sua extensão (BENNETT, 1955 *apud* ALMEIDA, 2000). A erosão pode causar sérios danos à agricultura, pela redução da fertilidade e produtividade dos solos através da remoção de camadas férteis, pelo aparecimento de valas profundas sulcadas no solo, tornando-o intransitável para as máquinas e implementos agrícolas (LOPES & SRINIVASAN, 1981 *apud* ALMEIDA, 2000). Além do impacto da erosão, a produção de sedimentos e transporte para os recursos hídricos que tem como conseqüência principal o assoreamento dos cursos d'água, reservatórios e a deterioração da qualidade dessas águas.

A grande maioria dos autores considera, com base em modelos de escoamento, a existência de dois grandes grupos de erosão: a laminar e a linear. Nas áreas de altas declividades como nas Serras e Montanhas, ocorre um terceiro grupo de processos erosivos, que são os movimentos de massa. Nestas áreas, as encostas, os cortes e os aterros são fortemente afetados principalmente pelos escorregamentos.

No caso da erosão estudada corresponde o processo linear desenvolvido pela ação combinada entre o escoamento superficial concentrado e o escoamento subsuperficial, esse tipo de erosão denominada boçoroca que ocorre na área estudada(Foto 1).

Foto 1 – Feição erosiva de grande porte denominada Boçoroca, evolução constante pela ação das águas de subsuperfície.

ARQUIVO IG - 2002

A palavra boçoroca provém do tupi-guarani "*ibi-çoroc*", e tem o significado de terra rasgada (PICHLER, 1953), ou então de "*mbaê-çorogca*", traduzível por coisa rasgada (FURLANI, 1980). A origem indígena da palavra vem ao encontro do fato de que essas feições são reconhecidas de longa data, tendo sido descritas pela primeira vez em 1868 por Burton (PONÇANO & PRANDINI, 1987; FURLANI, 1980).

São formadas pelo aprofundamento das ravinas e interceptação do lençol freático, onde se pode observar grande complexidade de processos do meio físico (*piping*, liquefação de areia, escorregamentos laterais, erosão superficial), devido à ação concomitante das águas superficiais e subsuperficiais (RODRIGUES, 1982 *apud* ALMEIDA, 2000). Este tipo de processo erosivo atinge grandes dimensões, gerando vários impactos ambientais na sua área de influência e na drenagem de jusante, tornando-se um complicador para o uso do solo nestes setores. As boçorocas formam-se geralmente em locais de concentração natural de escoamento pluvial, tais como cabeceiras de drenagem e embaciados de encostas.

A boçoroca é a feição mais flagrante da erosão antrópica, podendo ser formada através de uma passagem gradual da erosão laminar para erosão em sulcos e ravinas cada vez mais profundas, ou então, diretamente a partir de um ponto de elevada concentração de águas pluviais (IPT, 1986).

No seu desenvolvimento atuam, além da erosão causada pelo escoamento superficial, como nas demais formas dos processos erosivos (laminar, sulco e ravina),

outros processos, condicionados pelo fato de esta forma erosiva atingir em profundidade o lençol freático ou nível d'água de subsuperfície. A presença do lençol freático, interceptado pela boçoroca, induz o aparecimento de surgências d'água, acarretando o fenômeno conhecido como "*piping*" (erosão interna que provoca a remoção de partículas do interior do solo, formando "tubos" vazios que provocam colapsos e escorregamentos laterais do terreno, alargando a boçoroca, ou criando novos ramos). A importância do estudo dos fenômenos associados à formação de boçorocas é estabelecer medidas de prevenção e controle, como também o estabelecimento de técnicas compatíveis ao combate do problema (Foto 2).

5. EROSÃO URBANA DE SÃO PEDRO

A expansão urbana propiciou a concentração das águas pluviais em cabeceiras de drenagens do Córrego Tucum desencadeando a formação desse processo erosivo nas próprias ruas, que constituem os principais condutos das águas captadas pelos telhados das edificações, somadas ao escoamento superficial local.

A urbanização, forma mais drástica de alteração ambiental, impõe estruturas pouco permeáveis, fazendo com que ocorra diminuição da infiltração e aumento da quantidade e da velocidade das águas superficiais, principalmente quando loteamentos são implantados sem a infra-estrutura urbana necessária. Mesmo quando as águas superficiais são captadas por sistemas apropriados de redes de galerias, constata-se com freqüência o desenvolvimento de erosão no ponto de lançamento, devido à falta ou ineficiência de sistemas de dissipação de energia.

Foto 2 – Surgências d'água no pé do talude que provoca a remoção de partículas do interior do solo, formando "tubos" vazios que provocam colapsos e escorregamentos laterais do terreno.

ARQUIVO IPT - 1979

A erosão promove situações de risco para a comunidade, ante o seu grande poder destrutivo, ameaçando habitações e as obras públicas e, também, limitando para a expansão urbana grandes áreas da cidade.

Com o crescimento das cidades por meio de novos loteamentos populares, estas não contam com sistemas de drenagem de águas pluviais e servidas, ou, quando os tem, são deficientes.

O sistema viário, de maneira geral, tem implantação inadequada, com ruas perpendiculares às curvas de nível, ausência de pavimentação, guias e sarjetas.

Dentre as principais causas da erosão urbana em São Pedro, destacam-se:

- desmatamento para expansão da cidade;
- estradas vicinais de terra para acesso às fazendas;
- a implantação de loteamentos e conjuntos habitacionais em áreas problemáticas, do ponto de vista geotécnico; e
- ausência de sistemas de drenagem adequados.

A seguir é apresentado um histórico da evolução do processo erosivo, registrados por fotografias áreas e visitas técnicas ao local realizadas pelo Instituto Geológico e Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (Quadro 1).

Data	**Histórico**
1962	Fotografia aérea do ano de 1962 apresentando a cicatriz do processo erosivo (Foto 3)
1965	Fotografia aérea do ano de 1965 com parcelamento de loteamento próximo ao processo erosivo e favorecendo o escoamento das águas pluviais para o ramo principal do talvegue acelerando a evolução remontatente da erosão. A jusante foi construída estrada de acesso ao município de Charqueada (Foto 4).
1972	Aumento da boçoroca com evolução de sua cabeceira, comprometendo o loteamento e a estrada vicinal de terra, tendo como conseqüência imediata o assoreamento do córrego Tucum (Foto 5).
1979	A equipe do IPT cadastrou a erosão para a avaliação de sua evolução e dos problemas causados na área urbana, para subsidiar a elaboração de uma proposta de trabalho, onde seriam indicadas técnicas de combate e prevenção dessa erosão. O processo erosivo se estendia por quase 900 metros, com largura variável, atingindo até 60 metros de profundidade (IPT, 1979). Na época já haviam sido removidas várias moradias na cabeceira da erosão. A proposta foi apresenta para o Governo do Estado de São Paulo, porém não foi aprovada (Fotos 6 e 7).
1991	No projeto "Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo" desenvolvido pelo IPT e Departamento de Águas e Energia Elétrica, esse processo erosivo foi cadastrado novamente, apresentando situação de criticidade, devido à sua evolução e à expansão urbana no seu entorno (IPT,

	1992). Neste mesmo ano, a Prefeitura Municipal, com recursos próprios, executou terraplenagem, terraceamento em nível, diques internos, diques marginais, drenagem subterrânea com feixe de bambu, rebatimento de taludes e aterro. Uma das medidas corretivas primordiais não foi efetivada, que consistia na coleta e condução das águas da bacia de contribuição, por sistema de drenagem, até um ponto mais estável a jusante da boçoroca. Além, disso, o conjunto de medidas executadas pela Prefeitura não foram realizadas adequadamente (Foto 8).
1991	Também foi objeto de uma Dissertação de Mestrado, intitulada "Fenômenos erosivos acelerados na região de São Pedro/SP, estudo da fenomenologia com ênfase geotécnica, elaborada por SANTORO (1991).
1993	Uma nova solicitação feita ao IPT para avaliação, que constatou intensa retomada dos processos erosivos em toda a área, principalmente nas antigas linhas de drenagem, que foram reativadas (IPT, 1993) (Foto 9).
1995	Durante a estação chuvosa de 1995 a equipe do IPT verificou a evolução remontante do processo erosivo em direção as moradias, bem como o rompimento da estrada de ligação São Pedro/Charqueada, em razão do entupimento da galeria de travessia da tubulação da estrada, pelo material carreado do processo erosivo (IPT, 1995) (Foto 10 e 11).
1998	O Ministério Público Estadual e Defesa Civil Municipal solicitaram o laudo técnico para Instituto Geológico para avaliar os riscos geológicos provocados pela boçoroca em seu entorno em decorrência da aproximação das ocupações.
2000	Laudo técnico solicitado ao Instituto Geológico, novamente pelo Ministério Público Estadual, para avaliar as obras de intervenção visando controlar o avanço do processo erosivo.
2001	Laudo técnico solicitado ao Instituto Geológico, mais uma vez pelo Ministério Público Estadual, para avaliar as obras de intervenção visando controlar o avanço do processo erosivo rumo a moradias que foram interditadas.
2002	Laudo técnico solicitado ao Instituto Geológico, novamente pelo Ministério Público Estadual, para avaliar as obras de intervenção visando controlar o avanço do processo erosivo. A prefeitura executou dique de terra no interior da boçoroca (Foto 12).
2003	Visita realizada por técnicos do IPT constatou que algumas obras foram realizadas pela Prefeitura, com a implantação parcial de galerias de drenagem paralelas à boçoroca, e o lançamento de entulho/lixo na cabeceira da erosão. O lançamento de resíduo no interior da boçoroca não é aconselhável, pois compromete a qualidade da água do lençol freático e o grande volume do escoamento superficial que ainda ocorre no talvegue da boçoroca espalha o entulho/lixo na drenagem. Observou-se também que o dique de terra realizado no interior da boçoroca foi rompido (Foto 13)
2004	Visita realizada por técnicos do IPT, observou o reentalhe da erosão no entulho lançado e espalhado na drenagem com também uma evolução lateral da boçoroca pela ação de "piping". Algumas obras de drenagem já se apresentam comprometidas (Foto 14).

Quadro 1 – Histórico da evolução do processo erosivo.

Foto 3 - Fotografia aérea de 1962 apresentando a cicatriz da erosão, demonstrando a sua evolução pelo escoamento das águas pluviais provenientes da área urbana e da estrada vicinal.

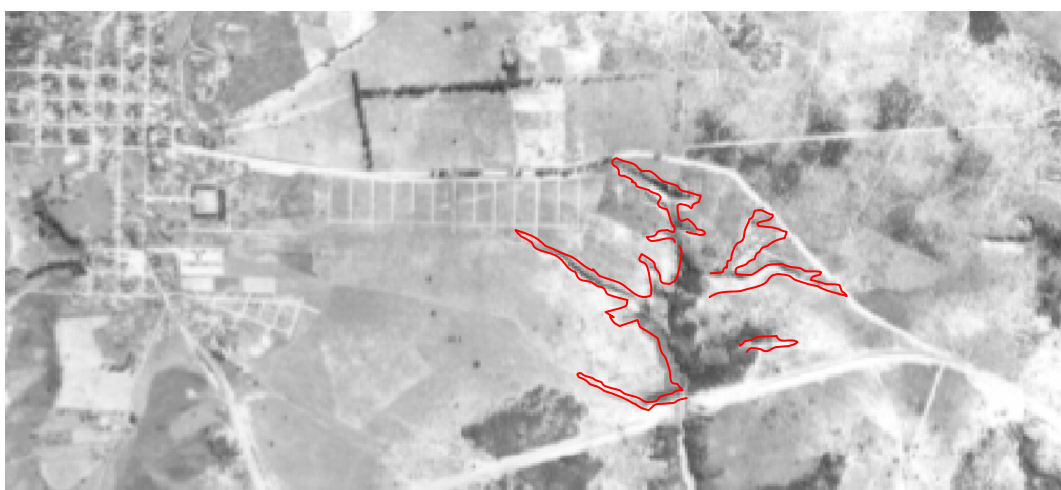



Foto 4 - Fotografia aérea de 1965 apresenta o arruamento do loteamento na cabeceira da erosão e a jusante a implantação da rodovia de acesso para o município de Charqueada.

Foto 5 - Fotografia aérea de 1972 onde se nota o processo erosivo com dimensões maiores, rumo ao loteamento na sua cabeceira. e da estrada vicinal de terra.

ARQUIVO IPT

Foto 6 - Vista da boçoroca em 1979, mostrando o contato do pacote de solo e o arenito Pirambóia e sua profundidade nessa litologia (arenito), o que atesta a sua baixa compacidade e resistência.

ARQUIVO IPT

Foto 7 - Aspectos da profundidade da boçoroca em 1979, estimada em torno de 60 metro.

Foto 8 - Medidas realizadas pela Prefeitura em 1991 foram à execução do aterro da boçoroca e terraceamento no entorno do processo erosivo.

ARQUIVO IPT

ARQUIVO IPT

Foto 9 - Devido às medidas inadequadas implantadas no controle desse processo, a erosão desencadeou uma evolução remontante acelerada (1993).

Foto 10 - Em 1995 durante janeiro e fevereiro, os elevados índices de precipitação contribuíram para agravamento do problema, que provocou o rompimento da estrada de ligação São Pedro/Charqueada.

ARQUIVO IPT

ARQUIVO IPT

Foto 11 - Nesse ano (1995) a erosão desenvolveu uma evolução remontante muita intensa, aproximando-se de moradias situadas na sua cabeceira.

Foto 12 - Dique de terra no interior da boçoroca executado pela Prefeitura em 2002, para fazer a ligação entre dois bairros.

ARQUIVO IG

ARQUIVO IPT

Foto 13 - A execução do dique terra foi uma medida não adequada que rompeu em 2003.

Foto 14 - Na visita mais recente (2004), notou-se que a Prefeitura está tentando conter a erosão com o lançamento de entulho (acompanhado de lixo).

ARQUIVO IPT

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O quadro atual da erosão linear apresenta umas situações bastante críticas, contribuindo significativamente para a degradação ambiental na cabeceira do Córrego Tucum, e impondo situações constantes de risco de forma crônica nas moradias próximas e nas infra-estruturas existentes.

A condição ideal para evitar totalmente o avanço desse processo passa pela execução de rede de drenagem eficiente, em toda a bacia de contribuição, pela condução do lançamento das águas pluviais a jusante da rodovia, com a implantação da obras de dissipação na extremidade.

Esse estudo mostrou que as áreas de expansão urbana mais recentes, situadas na periferia da cidade e ainda não totalmente consolidadas, são responsáveis pela maioria dos novos ramos das erosões. A principal causa é a ausência ou deficiência de obras de infra-estrutura, e a disposição do sistema viário e da drenagem superficial, que permitem a

concentração do escoamento, aliado à inexistência de estruturas adequadas de adução, condução e lançamento das águas pluviais.

Para prevenir os efeitos dos processos erosivos deve-se definir e implementar adequadamente práticas de prevenção. Os projetos de loteamentos ou conjuntos habitacionais devem ser concebidos a partir de planejamento urbanístico integrado, que contemple eficiente e adequado sistema de drenagem. Deve contemplar também, como condição básica, a correta concepção de obras de correção, quanto o processo erosivo já está instalado.

A garantia de implantação de um plano de prevenção, devem ser definidas diretrizes legais, compreendendo uma legislação relativa ao perímetro urbano, zoneamento urbano, arruamentos e loteamentos. Para que se possa prevenir, ou seja, evitar a erosão naquelas áreas, pode-se planejar e programar as expansões urbanas dentro de técnicas estabelecidas para o controle e, conseqüentemente, não sejam necessárias aplicações volumosas de recursos em sedes ou distritos urbanos que, com uma simples expansão de área, vejam ressurgir problemas antes combatidos.

A observação nos mostra claramente que toda a tecnologia desenvolvida no combate à erosão urbana, ao longo do tempo, foi muito voltada a tentar controlar os processos desencadeados do que preveni-los.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA FILHO, G. S. **Diagnóstico de Processos Erosivos Lineares Associados a Eventos pluviosos no Município de Bauru, SP**. 2000. (Dissertação de Mestrado apresentada a Engenharia Civil da Universidade de Campinas - Unicap).

FURLANI, G.M. **Estudo geomorfológico das boçorocas de Casa Branca**. São Paulo. 1980. 379 p. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - USP).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Avaliação da evolução das boçorocas em São Pedro, SP, frente aos problemas causados à área urbana da cidade**. São Paulo: IPT, 1979. (IPT, Relatório 12 319).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe/ Paranapanema**. São Paulo: IPT/ DAEE, 1986. 6v. (IPT, Relatório 24 739).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Médio Tietê**. São Paulo: IPT/ DAEE, 1992. (IPT, Relatório 24 004).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Diagnóstico e recomendações sobre a boçoroca do Córrego Tucum, município de São Pedro, SP**. São Paulo: IPT, 1993. (IPT, Relatório 31 675).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Levantamento dos processos erosivos urbanos no Estado de São Paulo desencadeados ou agravados pelas chuvas de janeiro e fevereiro de 1995**.São Paulo: IPT, 1995. (IPT, Relatório 33 199).

PICHLER, E. Boçorocas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, 2 (1), p. 3-16, 1953.

PONÇANO, W.L.; PRANDINI, F.L. Boçorocas no Estado de São Paulo: uma revisão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 4, 1987, Marília. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1987. p. 149-177.

RODRIGUES, J.E. **Estudo de fenômenos erosivos acelerados**: boçorocas. São Carlos. 1982. 162p. (Tese de Doutoramento apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos - USP).

SANTORO, J. **Fenômenos erosivos acelerados na região de São Pedro, SP, estudo da fenomenologia, com ênfase geotécnica**. 1991. 140p. (Tese de Mestrado apresentada à Unesp - Rio Claro).

RISCOS GEOLÓGICOS NA CIDADE HISTÓRICA DE OURO PRETO

ANTÔNIO LUIZ PINHEIRO[1]
FREDERICO GARCIA SOBREIRA[1]
MILENE SABINO LANA[1]

[1]UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto
Campus Universitário, Ouro Preto, MG - CEP 35400-000.
pinheiro@degeo.ufop.br; sobreira@degeo.ufop.br; milene@demin.ufop.br

PINHEIRO, A. L.; SOBREIRA, F. G.; LANA, M. S. Riscos geológicos na cidade histórica de Ouro Preto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.87-101. (CD-ROM)

RESUMO
A cidade de Ouro Preto desenvolveu-se a partir da descoberta de abundantes depósitos de ouro aluvionar no final do século XVII. O início da ocupação da cidade aconteceu nas áreas mais estáveis e planas, como o topo das colinas e platôs de meia encosta, cume dos morros e vales mais largos. Nas décadas de 50 e 60 tem início um grande crescimento populacional e o núcleo urbano principal, praticamente inalterado desde fins do século XVIII sofreu um processo de expansão. No entanto, as condições geomorfológicas da cidade de Ouro Preto, aliado às condições geológicas complexas, propiciam à cidade graves problemas de estabilidade geotécnica, agravados pelo clima chuvoso e a ação antrópica humana, principalmente a ocupação urbana desordenada. Como conseqüência, são freqüentes situações de risco geológico e acidentes mais graves. causando grandes prejuízos à população e ao poder público, e , não raro, mortes. Neste artigo é discutido o problema da ocupação desordenada em um espaço físico incompatível na cidade. É feito um breve relato dos acidentes mais significativos, assim como os trabalhos realizados após os mesmos. A despeito dos vários planos e propostas elaborados no sentido de mitigar os problemas, ainda não houve uma ação efetiva do poder público local, o que faz com que os riscos geológicos relacionados a movimentos em encostas sejam uma constante na cidade.
Palavras-chave: Ouro Preto, risco geológico, movimentos de massa, uso do solo.

ABSTRACT
The historical city of Ouro Preto appeared and it grew under starting from the discovery of the gold in the beginning of the century XVII. The setlement begun by ocupation of better lands like top of hills and larger valeys. The retaking of the growth in the century XX, starting from the fifities and the shortage of more appropriate areas for the urbanization together with the lack of planning of the occupation of the environment, drove the city expanding towards new areas. Meanwhile, due the geological and geomorphological condictions and the rainy climate, countless and diversified problems affect these places now, characterizing many geological risk areas. This paper discusses about land use in the city and decribes some acidents ocourred in the last decadas. Studies and plans carried out folowing that events also are commented. Despite these thecnical proposals that situation remains and the city continues under constant geological risk.
Key-words: Ouro Preto, geological risck, landslides, land use.

1. INTRODUÇÃO

A cidade de Ouro Preto, tombada pela UNESCO como Patrimônio Histórico e Cultural da Humanidade, localiza-se na região central do Estado de Minas Gerais, distando cerca de 90 km da capital, Belo Horizonte e a 800 km Brasília. A cidade está situada na extremidade sudeste de região conhecida como Quadrilátero Ferrífero, na zona mínero-metalúrgica do Estado de Minas Gerais.

O município desenvolveu-se a partir da descoberta de abundantes depósitos de ouro aluvionar no final do século XVII, tendo rapidamente se tornado o segundo maior centro

populacional na América Latina e também capital da Província de Minas Gerais. Fundada em 1698, a histórica cidade nasceu da aglomeração dos arraiais surgidos nas áreas de mineração nas encostas dos montes Ouro Preto e Itacorumim, no vale do rio Funil, o que deu origem às ruas tortuosas e ladeiras íngremes (IPHAN, 2004).

O início da ocupação da cidade aconteceu nas áreas mais estáveis e planas, como o topo das colinas e platôs de meia encosta, cume dos morros e vales mais largos, locais onde estão erguidas as igrejas e as grandes construções históricas. No entanto, mesmo locais menos estáveis foram ocupados de maneira compatível e não agressiva ao meio físico seguindo a curvatura natural das feições.

A partir do final do século XIX e início do século XX, a cidade sofreu um esvaziamento econômico e político, em função da mudança da capital do Estado para Belo Horizonte. A principal conseqüência foi o despovoamento da periferia e a preservação da paisagem e das características básicas do conjunto arquitetônico colonial, que inclui várias igrejas, capelas e prédios civis e militares de grande porte, junto com outras instalações urbanas da época.

Nas décadas de 50 e 60 tem início um grande crescimento populacional provocada pelo início de operação de uma fábrica de alumínio. O núcleo urbano principal que se mantinha praticamente inalterado desde fins do século XVIII sofreu um processo de expansão, sendo aproveitadas todas as áreas da periferia que ofereciam condições mais razoáveis para a ocupação.

A partir dos anos sessenta, o crescimento da população e a conseqüente necessidade de criação de novas áreas urbanas não foram acompanhados por planejamento prévio adequado, a exemplo do que aconteceu em todo país, originando uma expansão caótica da malha urbana. Nos dias atuais, apesar do crescimento populacional ter diminuído (8,74% na década de 1990; IBGE, 2000), a cidade continua a crescer e a ocupar as áreas de maior risco por estas serem os locais onde o preço dos lotes são inferiores em relação aos demais, gerando com isso uma ocupação desordenada e perigosa.

As condições geomorfológicas da cidade de Ouro Preto, aliado às condições geológicas complexas, propiciam à cidade graves problemas de estabilidade geotécnica. Além dessas condições naturais adversas, o clima chuvoso e a ação antrópica humana (principalmente a ocupação urbana desordenada) agravam a situação, com o surgimento de muitas situações de risco geológico e causando grandes prejuízos à população e ao poder público.

Além destes aspectos, a ocupação e expansão urbana da cidade ficam restritas pelo fato do espaço urbano estar limitado por três áreas de proteção ambiental: as reservas ecológicas Parque do Tripuí e Parque do Itacolomi e a APA das Andorinhas, onde nasce o Rio das Velhas um dos principais afluentes do São Francisco. Além dessas áreas de proteção ambiental, o centro da cidade é área de proteção histórica não podendo ocorrer nenhuma interferência que descaracterize o acervo tombado pela UNESCO como Patrimônio Histórico da Humanidade. O que resta entre as áreas de proteção ambiental e a histórica são áreas que requerem um estudo geotécnico detalhado quando se pretende qualquer tipo de uso ou ocupação.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO, GEOMORFOLÓGICO E CLIMÁTICO

A cidade está implantada em um grande vale limitado pelas serras de Ouro Preto a norte e Itacolomi a sul, por onde corre o Ribeirão do Funil. A morfologia local caracteriza-se por altas montanhas de desenvolvimento linear, áreas aplainadas com altitudes diversas e vales alongados, muitas vezes bem encaixados. Cerca de 40% da área urbana exibe feições com declividades entre 20 a 45% e apenas 30% com declividades entre 5 e 20%. Zonas escarpadas são comuns em toda a área urbana (Gomes *et al.*, 1998).

Os traços do relevo, acidentado com vertentes bem íngremes e vales profundos e encaixados, mostram uma clara dependência deste à geologia local. O principal elemento da paisagem na área urbana é a Serra de Ouro Preto, limite norte da malha urbana e divisor de duas grandes bacias de drenagem regionais, dos rios das Velhas e Doce, estando a cidade nas cabeceiras deste último rio. As altitudes estão em torno de 1.060 m nas partes mais baixas e 1.400 no topo da Serra de Ouro Preto. A malha urbana estende-se ocupando tanto o vale principal, como as vertentes e contrafortes das serras, principalmente a Serra de Ouro Preto.

A Serra de Ouro Preto representa o flanco sul de uma grande estrutura regional conhecida como Anticlinal de Mariana. O substrato é constituído por metassedimentos de idade paleoproterozóica - filitos, quartzitos, xistos e formações ferríferas - profundamente afetados por eventos tectônicos. A estrutura regional orienta-se na direção leste-oeste, possuindo as camadas mergulhos gerais para sul, na ordem dos 30º. É comum a ocorrência, nos topos e nas vertentes dos morros, de coberturas superficiais de crosta laterítica.

O clima é marcado pela elevada pluviosidade, com maior concentração entre os meses de outubro e março. Segundo Gomes *et al.* (1998), o regime pluviométrico da região é do tipo tropical, com uma média de 1.723,6 mm anuais (série 1919 a 1990). Os verões

são suaves, concentrando 89,6% da precipitação anual (53,3% do total anual entre dezembro e fevereiro) e os invernos chegam a registrar temperaturas negativas, com elevada umidade atmosférica. As características básicas são de um clima tropical de montanha, em que a baixa latitude é compensada pela altitude e conformação orográfica regional (Carvalho, 1982). A temperatura média anual em Ouro Preto é de 17,4 ^{0}C, enquanto a máxima e a mínima chegam a 21,2 °C (janeiro) e 15,5 °C (junho), respectivamente.

3. RELATO DE ALGUNS MOVIMENTOS DE MASSA EM OURO PRETO

Ouro Preto possui um histórico de ocorrência de movimentos de massa que datam do período colonial brasileiro. De acordo com W. L. Von Eschwege, dentre outros acidentes, em 1814 foram soterrados o proprietário de uma lavra e todos seus escravos. A cata, onde se minerava ouro, foi soterrada pela encosta do morro que deslizou e também destruiu as residências e parte da estrada que interligava as cidades de Ouro Preto e Mariana. Acidentes desse tipo eram comuns na época devido ao fato de que a atividade de mineração de ouro ser desenvolvida de modo intenso e as medidas de segurança ignoradas. Nos locais onde eram executadas as lavras de ouro realizavam-se grandes desmontes, escavações, transporte e deposição aleatória do material removido para áreas a jusante, abertura de poços, galerias e canais, além do desmatamento generalizado.

As chuvas intensas e prolongadas por cerca de quarenta dias em 1979 (1216 ml nos meses de janeiro e fevereiro) fizeram deste período o de mais alta pluviosidade de que se tem registro. Estas chuvas provocaram os maiores estragos de que se tem registro região. A cidade foi duramente atingida, com a ruína de muitas casas, obstrução de ruas e escorregamentos diversos, provocando grandes prejuízos materiais. Alguns monumentos históricos foram afetados, entre eles as igrejas de São Francisco de Assis, São José e Mercês, onde posteriormente foram executados estudos e obras de contenção. Ao longo da Rua Padre Rolim, na entrada da cidade, diversas ocorrências foram registradas, afetando a rua e o bairro da região (Fig.1).

Fig. 1: Escorregamento interditando a Rua Padre Rolim, principal acesso à cidade de Ouro Preto.
Fonte: IPHAN, 1979

Outro movimento de massa de grande importância ocorrido em 1979 deu-se a montante do bairro Vila São José (Fig. 2), onde um volume aproximado de 100.000m^3 de material se movimentou, atingindo e colocando em risco dezenas de moradias (Fig 3). O escorregamento se deu em xisto bem alterado (Fm Sabará) e foi causado pela erosão da base da encosta, onde aflorava um quartzito (Fm Taboões) bem alterado e friável (Sobreira et al, 1990). Para estabilização desta encosta, foi executada obra de terraplanagem com o objetivo de remover o material rompido e alterar a geometria da encosta, diminuindo o peso e a inclinação, de forma aumentar a sua estabilidade.

Fig. 2: Movimento de massa ocorrido em 1979, Bairro Vila São José.
Fonte: IPHAN, 1979

O crescimento acelerado da população urbana e a falta de planejamento aliada a inobservância das recomendações de trabalhos executados após as chuvas de 1979, foi sentido pela população em 1989, quando dez dias de chuvas contínuas provocaram os mais diversos tipos de ocorrência, trazendo incalculáveis prejuízos materiais, centenas de desabrigados e três vítimas fatais.

Com precipitação acumulada menos intensa e por um período muito menor que 1979, as chuvas de 1989 (581,6 ml no mês de dezembro) provocaram estragos muito superiores aos trazidos pelas chuvas de 1979. Cerca de 80% dos locais de ocorrência em 1979 voltaram a apresentar problemas, sendo que muitos se manifestaram exatamente da mesma forma.

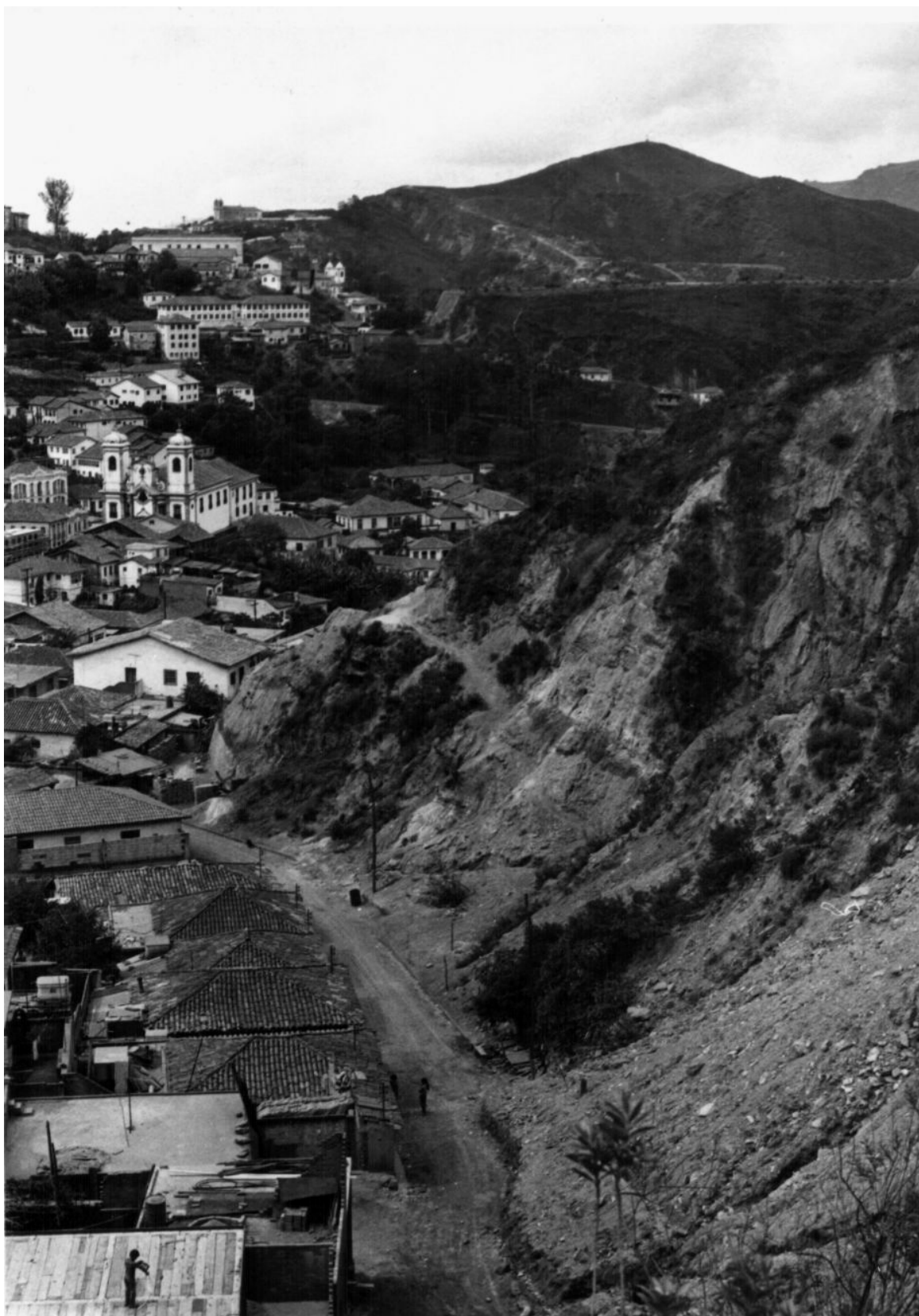



Figura 3 : Escorregamento colocando em risco residências e monumento histórico.
Fonte: IPHAN, 1979.

Além desses, dezenas de escorregamentos e movimentações em solos e rochas ocorreram, principalmente nos bairros periféricos, tendo como conseqüência várias casas destruídas ou ameaçadas. Estas ocorrências são em sua grande maioria localizadas, envolvendo geralmente cortes audaciosos e aterros inconsolidados. Outros pontos, sem registro em 1979, tornaram-se altamente problemáticos devido à utilização inadequada do meio físico que provoca o início de processos erosivos e instabilização de encostas.

Nos anos seguintes, os movimentos de massa continuaram a ocorrer, porém com menor intensidade e freqüência, já que os índices pluviométricos de 1979 e de 1989 não foram alcançados, mas nem por isto os prejuízos materiais e vítimas fatais deixaram de ocorrer, como mostra tabela 1.

Tabela 1: Ocorrência com danos pessoais atendidas pela Defesa Civil no período 1988/98.

Data	Danos pessoais	Tipo processo	Material Envolvido	Área atingida (m^2)	Local
14/12/89	3 mortes 2 feridos	escorregamento translacional	Rocha e detritos	457	Centro
23/01/92	2 mortes	escorregamento e corrida	detritos e solos	305	Volta do Córrego
14/12/95	3 mortes 1 ferido	escorregamento translacional e corrida	rocha, detritos e solos	472	São Cristóvão
02/01/97	1 morte	escorregamento	rocha, detritos e solos	219	Taquaral
04/01/97	12 mortes 1 ferido	escorregamento e corrida	rocha, detritos e solos	3860	Piedade
02/04/98	1 ferido	queda e rolamento de bloco	Rocha	277	Taquaral
Total	21 mortes 5 feridos				

Fonte: Bonuccelli et al, 1999.

As chuvas mais fortes voltaram a ocorrer em janeiro de 1997, causando diversos problemas disseminados pela área urbana e seu entorno. No entanto a cidade ficou marcada pela ocorrência de dois acidentes com maiores conseqüências Um destes foi o escorregamento e queda de grande bloco e de detritos ocorridos no bairro Piedade (Fig 4), que destruiu totalmente duas residências, ocasionando 12 mortes. De acordo com Sobreira e Fonseca (2001), trata-se de área onde atividades de mineração de ouro foram desenvolvidas no passado e que hoje foram ocupadas sem um planejamento técnico adequado. A escarpa de onde se desprendeu o bloco foi criada pelas atividades extrativas do século XVIII.

Outro acidente peculiar foi o acontecido no local conhecido como Volta do Córrego, outra área com intensa atividade mineral no passado, que interferiu brutalmente na morfologia da área, pela execução de cortes subverticais e escavação de múltiplas galerias ao longo da formação ferrífera (Gomes *et al*, 1998; Sobreira *et al*, 1990). Nesta área, a rodovia de acesso à cidade, hoje incorporada à malha urbana, exigiu a execução de um grande aterro, situado imediatamente a montante dos bairros do Rosário e da Água Limpa. O aterro passou a conformar, então, uma bacia de acumulação junto à rodovia, com o sistema extravasor passando a 11m de profundidade em relação ao nível do pavimento asfáltico (Gomes *et al*, 1998). Com o entupimento do sistema extravasor, o acúmulo de água provocou o rompimento do aterro da rodovia e uma corrida de lama e detritos espetacular foi a conseqüência deste processo atingindo várias ruas e casas localizadas até pouco mais de 1 km a jusante, deixando o núcleo urbano sem água e um bairro inteiro sem energia elétrica.

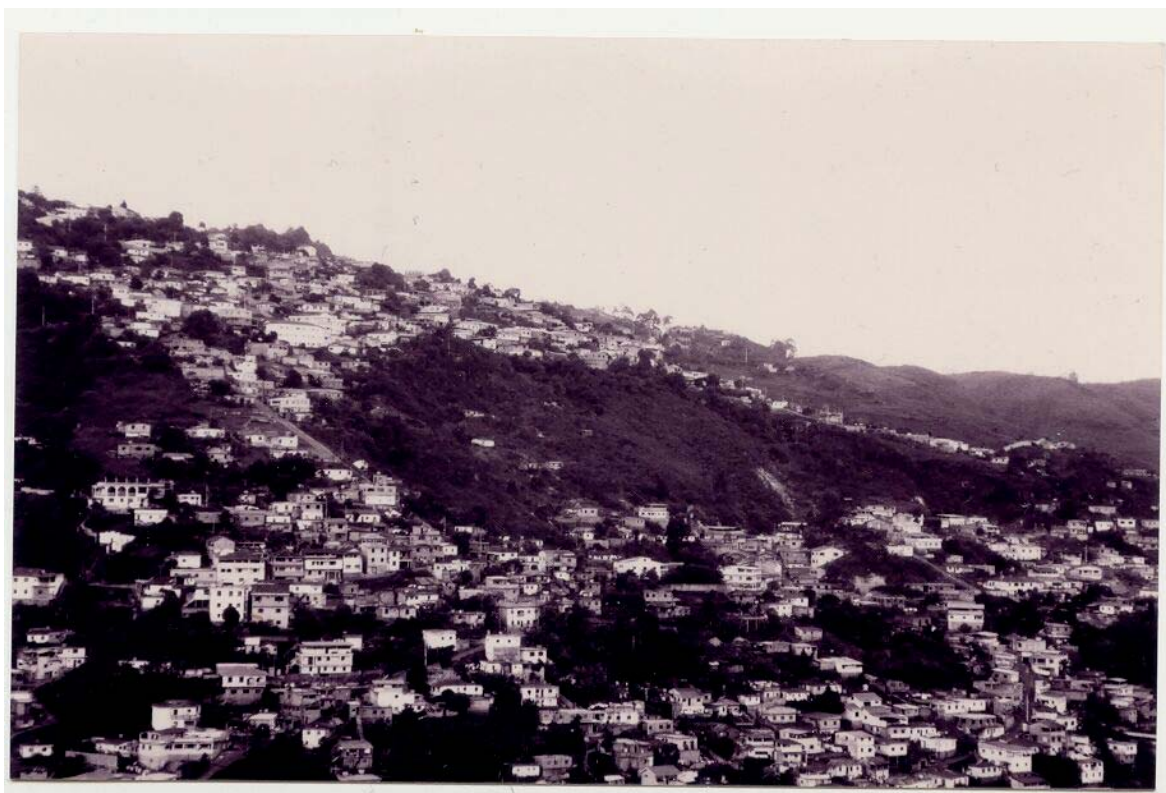



Fig. 4: Foto apresenta escorregamento ocorrido no bairro Piedade

Apesar do caos generalizado, o acidente não causou quaisquer vítimas, porém os prejuízos decorrentes foram imensos e inestimáveis, pois além da destruição generalizada de parte da área urbana, houve a interrupção da via, um dos principais acessos ao núcleo histórico, que provocou uma série de transtornos, desde a dificuldade de trânsito até a

diminuição do fluxo de turistas à cidade, com reflexos nas atividades hoteleiras e de restauração, com forte impacto na economia da cidade.

Mais recentemente, em março de 2004, um novo acidente trouxe a tona a questão do uso e ocupação inadequada do meio físico em Ouro Preto. Uma encosta originalmente retilínea, com uma inclinação média em torno dos 20^o, com desnível ou amplitude em torno dos 25-30 metros teve sua forma original alterada pela ocupação urbana ao longo de duas décadas (Figs 5 e 6). As práticas utilizadas ao longo dos anos, com a abertura das ruas e a ocupação crescente da encosta, geralmente com a execução de cortes verticais e construção de muros de contenção escalonados, foram modificando a forma da vertente e promoveram o descalçamento na base desta, alterando por conseqüência o equilíbrio antes existente. O somatório das diversas intervenções culminou com a movimentação de uma grande massa de material, que afetou uma área de cerca de 3.500 m^2, compreendendo oito propriedades (4 casas e 4 lotes) e deixou em risco mais uma casa a montante, situada próximo à superfície de ruptura principal.

Fig. 5: Foto apresenta o loteamento do bairro Jardim Alvorada em 1980.

Fig. 6: Foto apresenta o escorregamento ocorrido no bairro Jardim Alvorada em 2004

Deve ser ressaltado que toda movimentação se deu sem a ocorrência de chuvas, ou seja, um escorregamento “a seco”, um fato raro, uma vez que são as chuvas os principais agentes deflagradores de escorregamentos, mesmo em locais muito críticos. Caso o movimento tivesse acontecido em época chuvosa, certamente seria muito mais rápido, ganhando maior energia, e provocando efeitos ainda mais catastróficos.

4. PLANOS E ESTUDOS EFETUADOS

Apesar das condições do meio físico em Ouro Preto serem fatores condicionantes de processos de instabilização, a ação mais recente do homem, na maioria das vezes desastrosa, tem sido o fator de maior influência no desencadeamento dos processos de instabilização ocorrentes. No entanto, não se pode dizer que isto se sucedeu por falta de planos e estudos.

Após a retomada do crescimento na região a partir da década de 1950, o primeiro plano de crescimento de que se tem notícia foi elaborado e proposto pelo Arquiteto português Viana de Lima, que propunha o crescimento fora da área urbana existente. Infelizmente, além de relatos de testemunhas, não se tem nada registrado deste plano, que nunca foi implementado. Em 1975 a Fundação João Pinheiro elaborou o Plano de Conservação, Valorização e Desenvolvimento de Ouro Preto e Mariana, excelente

documento que contou com a participação de vários especialistas reconhecidos nacionalmente. Assim como o plano anterior, nada foi seguido, restando hoje apenas um relatório e documentação do quadro existente até a época.

Após os eventos ocorridos na cidade em 1979, alguns trabalhos foram desenvolvidos, tendo destaque a elaboração da Carta Geotécnica de Ouro Preto (Carvalho, 1982), elemento técnico orientador do uso e ocupação da área urbana. O trabalho aborda as características geológico-geotécnicas dos terrenos locais, avaliando-os qualitativamente e combinando esta avaliação com as declividades existentes. Embora a cidade tenha crescido e transposto os limites da Carta Geotécnica, ainda hoje o documento tem validade e, a cada nova ocorrência, tem sua utilidade comprovada. No entanto, por falta de amparo legal, nem sempre o estabelecido pela Carta é seguido, ficando sua utilização dependente dos critérios do administrador público da vez.

Outros dois planos de desenvolvimento foram elaborados para a cidade. Em 1992, por obrigação da Constituição Federal de 1988, foi elaborado e apresentado publicamente o Plano Diretor de Ouro Preto. Muito criticado pelo processo de elaboração, este plano nunca foi implementado, sendo que hoje não se tem conhecimento de nenhum registro ou documento sobre o estudo. Em 1996, após vários meses de estudos e discussões de grupo técnico muitiinstitucional, amparado pela Administração Municipal foi aprovada a Lei Complementar no 01/96 de 19/12/96, que instituiu o plano Diretor Municipal. Mais uma vez, com a mudança da Administração Municipal, o plano foi esquecido e a lei nunca respeitada. Atualmente este plano passa por uma revisão, mas com a aproximação de novas eleições municipais não se pode garantir sua aplicação.

Além destes planos mais gerais, muitos trabalhos específicos foram desenvolvidos na área urbana de Ouro Preto, alguns destes servindo de apoio para os vários planos elaborados e não seguidos. Dentre os mais importantes, além da Carta Geotécnica acima citada, podem ser citados por sua abrangência mais geral:

Sobreira, 1990 - Levantamento de áreas de risco no espaço urbano de Ouro Preto

Sobreira e outros, 1990 - Levantamento de soluções estruturais para a contenção de encostas em Ouro Preto

IGA, 1995 - Desenvolvimento ambiental de Ouro Preto – microbacia do Ribeirão do Funil

IGA, 1995 -. Percepção da qualidade ambiental urbana em Ouro Preto

Souza, 1996 - Mapeamento geotécnico da cidade de Ouro Preto/MG (escala 1:10.000)

Bonuccelli, 1999 - Estudo dos movimentos gravitacionais de massa e processos erosivos na área urbana de Ouro Preto

Sobreira, 2001 - Impactos físicos e sociais de antigas atividades de mineração em Ouro Preto

Uma série de outros estudos mais localizados foi também desenvolvida nos últimos anos, tais como Souza & Costa (1994), Zenóbio & Silva (1996), Oliveira & Dias (1997), Carvalho (2001). Fernandes (2000), Pinheiro et al, (2001), Pinheiro (2002), Pinheiro et al, (2002), Pinheiro et al (2003) e Ferreira (2004). Esses últimos trabalhos tiveram como objetivo principal o levantamento de parâmetros que possam auxiliar na melhor compreensão dos problemas geotécnicos que ocorrem na cidade e que também ajude na mitigação dos mesmos.

5. CONCLUSÕES

A cidade de Ouro Preto tem enfrentado ao longo dos últimos anos graves problemas no que diz respeito à ocupação do seu espaço físico, principalmente devido aos fatores naturais que predispõem a cidade à ocorrência de movimentos em encostas. Soma-se a estes aspectos a falta de planejamento e acompanhamento técnico adequado da expansão urbana.

A inobservância das recomendações dos diversos trabalhos e estudos realizados com objetivo de minimizar os problemas relativos à estabilidade geotécnica no espaço urbano da cidade tem feito com que esses problemas continuem ou mesmo se agravem. O que se observa é que áreas que já manifestaram instabilidades em outras épocas têm seus problemas agravados com as chuvas de anos seguintes e que áreas onde poderiam se desenvolver uma ocupação de forma racional, respeitando os condicionantes geológico-geotécnicos e geomorfológicos, são ocupadas de maneira incompatível, principalmente no que se refere às técnicas da engenharia civil.

A despeito dos vários planos e estudos realizados, não há ainda ação do poder público realmente eficaz e duradoura para a resolução da questão. Há necessidade de uma melhor orientação e fiscalização dos órgãos públicos responsáveis não só nos períodos chuvosos mas sim durante todo o ano para que catástrofes sejam evitadas. É inadmissível que nos dias atuais tenhamos perda de vidas humanas e até mesmo prejuízos financeiros elevados por causa do desconhecimento e descaso de trabalhos que alertam para prevenção desses acidentes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONUCCELLI, T. **Estudo dos movimentos gravitacionais de massa e processos erosivos na área urbana de Ouro Preto**. Tese de doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1999.

BONUCCELLI, T; ZUQUETTE, L. V. Movimentos gravitacionais de massa e erosões na cidade histórica de Ouro Preto, Brasil. **Revista Geotecnia**, nº 85-Mar.99. p 59-80

BRANCO, J. J. R. **Via periférica de Ouro Preto**. Relatório Geológico-Geotécnico para o DER-MG, 1979. 81p.

CARVALHO, E. T. **Carta geotécnica de Ouro Preto**. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, 95p, 1982.

CARVALHO, R. A. G. **Hierarquização de áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa e processos erosivos no bairro Santa Cruz, em Ouro Preto-MG, na escala 1:2000**. Dissertação de mestrado, DECIV - Universidade Federal de Ouro Preto, 2001. 193p

ESCHWEGE, W. L. **Pluto Brasiliensis** – 2⁰ Vol. – Tradução Domício de Figueiredo Murta – 5ª série – BRASILIANA – Cia. Edit. Nacional – São Paulo, s/data.

FERNANDES, G. **Caracterização Geológico-Geotécnica e Proposta de Estabilização da Encosta do Morro do Curral** – Centro de Artes e Convenções de Ouro Preto**.** Dissertação de mestrado, DECIV/ Universidade Federal de Ouro Preto, 2000. 136p.

FERREIRA, S. B. **Estudo de ruptura em talude urbano no Morro do Curral – Ouro Preto**. Dissertação de mestrado, DEMIN/ Universidade Federal de Ouro Preto, 2004. 110p.

GOMES, R. C.; OLIVEIRA FILHO, W. L. **Laudo geotécnico do grupo escolar em altiplano de encosta no Bairro São Cristóvão.** Relatório do convênio PMOP/UFOP, 1993. 11p.

GOMES R. C.; ARAÚJO, L.G.; BONUCCELLI, T.; SOBREIRA, F. G. Condicionantes geotécnicos do espaço urbano de Ouro Preto/MG. In: XI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 1998, Brasília. **Anais...** Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 1998 pp 363-370. 1998.

IGA. **Desenvolvimento ambiental de Ouro Preto**: microbacia do Riberirão do Funil Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Minas Gerais/CETEC. 1995a.

IGA. **Percepção da qualidade ambiental urbana em Ouro Preto**. Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Minas Gerais/CETEC, 1995b.

OLIVEIRA, A. R.; DIAS, E. C. **Zoneamento geológico-geotécnico da urbana da Serra de Ouro Preto – MG**. Trabalho de graduação. DEGEO/EM/Universidade Federal de Ouro Preto, 1997. 85p.

PINHEIRO, A. L. **Análise de rupturas em taludes no Morro do Curral, Ouro Preto, Minas Gerais**. Dissertação de mestrado, DEMIN/ Universidade Federal de Ouro Preto, 2002. 116p.

PINHEIRO, A. L.; LANA, M. S.; GOULART, L. E. A. Influência das estruturas geológicas e da escala de trabalho na metodologia de levantamentos geológico-geotécnicos. Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, III COBRAE, Rio de Janeiro, RJ, 2001. **Anais...**, 2001, pp 97-103.

PINHEIRO, A. L., LANA, M. S., SOBREIRA, F. G.; GOULART, L. E. A. Análise de rupturas em talude no Morro do Curral, Ouro Preto (MG). Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 10., Ouro Preto, 2002. **Anais...**, 2002.

PINHEIRO, A. L.; LANA, M. S., SOBREIRA, F. G.; GOULART, L. E. A Estudo de rupturas em um talude através de retroanálises de escorregamentos. **Revista Geotecnia** N°98 – Julho 2003 – pp. 75-87.

RIBEIRO, S. G. S. **Igreja São Francisco de Assis** – Diagnóstico dos problemas geotécnicos. Relatório do convênio IBPC/CVRD/UFOP, 1992. 12p.

SOBREIRA, F. G. **Levantamento de áreas de risco geológico no espaço urbano de Ouro Preto**. Relatório final, convênio Escola de Minas/UFOP/MinC/SPHAN,Ouro Preto, 1990. 85p

SOBREIRA, F. G.; ARAÚJO, L. G.; BONUCCELLI, T. J. **Levantamento de soluções estruturais para a contenção de encostas em Ouro Preto**. Relatório final, convênio Minc/UFOP, Ouro Preto, 1990. 91p.

SOBREIRA, F. G.; FONSECA M. A. Impactos físicos e sociais de antigas atividades de mineração em Ouro Preto, Brasil. **Revista Geotecnia,** n° 92, 2001. p.5 – 27.

SOUZA, M. L. **Mapeamento geotécnico da cidade de Ouro Preto/MG (escala 1:10.000). Susceptibilidade aos movimentos de massa e processos correlatos**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1996.

SOUZA, M. L. C.; COSTA, T. A. V. **Mapeamento geológico-geotécnico com considerações de geologia ambiental na Bacia do Ribeirão do Carmo entre os municípios de Ouro Preto e Mariana.** Trabalho de graduação. DEGEO/EM/Universidade Federal de Ouro Preto, 1994. 133p.

ZENÓBIO, A. A.; SILVA, M. M. O. **Mapeamento geológico-geotécnico do bairro Nossa Senhora do Carmo, município de Ouro Preto – MG**. Trabalho de graduação. DEGEO/EM/Universidade Federal de Ouro Preto, 1996. 81p.

MAPEAMENTO DE RISCO DE DESLIZAMENTOS E ENCHENTES DA BACIA DO RIO VADIK: ASPECTOS FÍSICOS E DE OCUPAÇÃO URBANA

DIOGO BARNETCHE
SIMONE DANIELLA MORETTI

Pós-Graduação em Geografia – Mestrado – UFSC
Rua Ângelo Laporta, 625 – Centro –Florianópolis – CEP 88020-600
diogo.barn@terra.com.br; simone@cfh.ufsc.br

BARNETCHE, D.; MORETTI, S. D. Mapeamento de risco de deslizamentos e enchentes da bacia do rio Vadik: aspectos físicos e de ocupação urbana. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.102-116. (CD-ROM)

RESUMO
Este documento apresenta os resultados obtidos em análise relacional entre os aspectos físicos e de ocupação urbana na Bacia do Rio Vadik, porção Centro Norte da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis-SC. Esta área corresponde aos limites político-administrativos do Bairro Monte Verde, e da parcela Norte do Bairro João Paulo. Como aspectos físicos contemplados na análise figuram a geomorfologia, os graus de declividade e a forma das encostas. Estes aspectos são relacionados com o processo de ocupação urbana, verificado a partir de mapeamento pré-existente, referente ao período de 1979-1996, e da atualização elaborada a partir de aerofotos datadas de 2000. Com a atualização mencionada observaram-se as taxas de evolução de área urbana ocupada. A dinâmica da evolução da ocupação urbana é representada no Mapa Planialtimétrico e de Evolução Urbana da Bacia do Rio Vadik. Considerando mapeamento de susceptibilidade existente para a área, foram incluídos os dados verificados no crescimento espacial da ocupação urbana, foi elaborado o Mapa de Susceptibilidade a Deslizamentos e Enchentes da Bacia do Rio Vadik, atualizando-o à realidade observada em 2000. Verificou-se o agravamento dos riscos de deslizamentos e enchentes, que podem culminar em prejuízos econômicos e sociais, reflexos da ocupação de áreas inadequadas.
Palavras-chaves: riscos naturais, mapeamento de riscos, deslizamentos, enchentes.

LANDSLIDE AND FLOOD RISKS MAPPING IN VADIK RIVER BASIN: PHYSICAL AND URBAN ASPECTS

ABSTRACT
This paper shows the results of a relacional analysis between the phisical aspects and the urban ocupation in the Vadik River Basin, central-north zone of the Santa Catarina Island, Florianópolis-SC, corresponding to the political limits of Monte Verde District and the north portion of João Paulo District. The physical aspects considerated were the geomorphology, the declivity degree and the form of the hillslopes. These aspects was relationated with the urban ocupation process, for a period from 1979 to 2000. It provides the update of the hazard or risk mapping to the Vadik River Basin. The dynamic of the evolution of the urban ocupation and the sistematization of the risk map to the area are exposure in the "Urban Evoluation 1979-2000" and "Susceptibility to Landslides and Floods" Maps. One verifyes the increment of landslide na flood risks, wich may cause economics and social damages, reflexes of the ocupation of inappropriate areas.
Key-words: natural hazards, risk mapping, landslides, flood.

1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa, realizada nos meses de março a maio de 2004, apresenta a identificação das áreas de risco natural a deslizamentos e enchentes na Bacia do Rio Vadik. Na identificação das áreas de risco a deslizamentos e enchentes são considerados os processos naturais e/ou induzidos. Em regimes pluviais intensos os diversos fatores considerados na elaboração de um mapeamento de risco relacionam-se principalmente à situação geomorfológica e de uso do solo das áreas analisadas.

A evolução urbana configura, por vezes, um fator de agravamento no risco de ocorrência de deslizamentos e enchentes. Estes dois processos ocorrem naturalmente, remodelando a paisagem ao longo do tempo. Caruso (1993) sugere que em algumas áreas da Ilha de Santa Catarina a formação dos depósitos coluviais tenha se iniciado no Plioceno e que este processo esteja ativo até os dias atuais. Pode-se entender a partir desta afirmação que os deslizamentos, inclusos nos processos formadores de depósitos, não são eventos que passaram a ocorrer somente após a urbanização, mas sim, que são processos ativos anteriores à ocupação nos moldes atualmente conhecidos.

As enchentes, do mesmo modo, já ocorriam anteriormente à ocupação, são processos naturais na dinâmica fluvial. Monteiro (1991 p.8) afirma que "enchentes não seriam danosas se o homem evitasse as planícies inundáveis". Destacando os movimentos de massa, o autor indica que "desabamentos de encostas não seriam calamitosos se parte dos seus habitantes não fosse induzida a formas de urbanização espontânea, precária, em sítios perigosos". Fica claro, que planícies inundáveis não deveriam ser ocupadas, uma vez que são inundáveis.Ainda que óbvia, esta premissa muitas vezes não é seguida.

Neste trabalho, procura-se tratar do risco como a relação de probabilidade de ocorrência de um evento adverso, como um episódio de pluviosidade intensa, e a vulnerabilidade do sistema exposto a ele. No dado sistema verificam-se as componentes sociais e econômicas que podem sofrer prejuízos relacionados a eventos adversos como enchentes e deslizamentos (CEPED 2003).

Na área de estudo percebe-se um preocupante avanço na ocupação urbana, uma vez que a planície inundável, ou de acumulação flúvio-marinha do Rio Vadik, já fora quase que totalmente ocupada, e a realização de uma análise da evolução urbana da área a partir de 1979 até 2000 demonstra avanços significativos nas encostas, justamente onde a susceptibilidade a deslizamentos é maior. Outra problemática é verificada nas obras de construção de um centro comercial de grande porte (Shopping Florianópolis), justamente no que configurava a área de transição da planície flúvio-marinha para a área de planície de maré (manguezal).

1.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

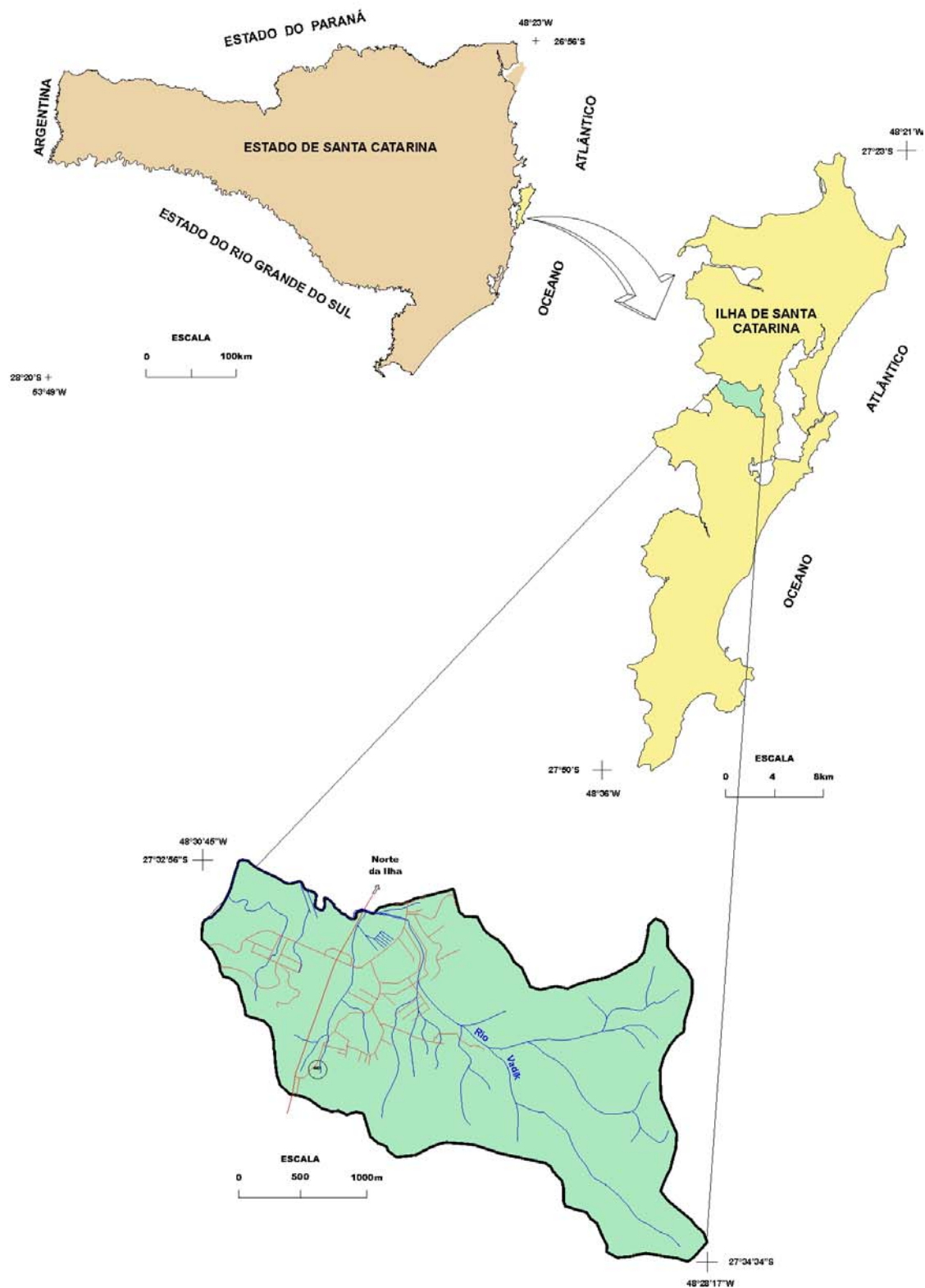
A área de estudo é a Bacia do Rio Vadik, sendo a malha urbana analisada pertencente a dois bairros da porção Centro-Norte da Ilha de Santa Catarina, Distrito Sede do Município de Florianópolis, que são o Monte Verde, verificado integralmente, e o João Paulo, que teve analisada apenas sua parcela norte localizada nos limites da Bacia do Rio

Vadik. Geograficamente a área situa-se entre as latitudes 27º32'56"S e 27º34'34"S, e entre as longitudes 48º28'17"W e 48º30'45"W, conforme Mapa de Localização da Bacia do Rio Vadik (Mapa 01).

Os aspectos geológicos são configurados a partir do *Granito Ilha* entrecortado por diques de diabásio, com fraturas e falhas predominantemente na orientação N 5 – 30ºE, condicionando estruturalmente a geomorfologia da área de estudo. (BARNETCHE, 2003).

Geomorfologicamente a área apresenta duas grandes unidades, que são a Serras do Leste Catarinense e as Planícies Costeiras. A primeira pode ser subdividida pelos compartimentos Modelado de Dissecação em Montanha e em Morraria enquanto a segunda apresenta os modelados de acumulação com terraços aluviais, rampas coluviais, planície de acumulação flúvio-marinha e, planície de acumulação de maré. (HERRMANN e ROSA 1991 apud DIAS 2000; BARNETCHE 2003).

O aspecto climático tem forte relação com os riscos naturais, principalmente através de episódios pluviais intensos. Segundo Dias (2000, p.15) o clima nesta área é controlado pelos sistemas atmosféricos: "Massa Tropical Atlântica, Massa Polar Atlântica, Frente Polar Atlântica e Linhas de Instabilidade Tropical". O índice de precipitação anual média é de 1500mm com concentrações no período do verão onde a máxima diária pode ultrapassar os 400mm (DIAS 2000, p.16).

MAPA 01: LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO VADIK
ESTADO DO PARANÁ
48°23'W
26°56'S
ARGENTINA
ESTADO DE SANTA CATARINA
ATLÂNTICO
OCEANO
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
ESCALA
0
100km
28°20'S
53°49'W
48°21'W
27°23'S
ILHA DE SANTA
CATARINA
ATLÂNTICO
OCEANO
27°50'S
48°36'W
ESCALA
0
4
8km
48°30'45"W
27°32'56"S
Norte
da Ilha
Rio
Vadik
ESCALA
0
500
1000m
27°34'34"S
48°28'17"W
Fonte:
Adaptado de BARNETCHE (2003),
Mapa de Localização da Área de Estudo
Elaboração: Geógrafo Diogo Barnetche

A Bacia do Rio Vadik compõe a porção Sul das redes de drenagem que deságuam na Baía Norte através do Mangue do Saco Grande. Com suas nascentes localizadas nos maciços rochosos da Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catarinense, o Rio Vadik percorre os depósitos de encosta e encontra o manguezal do Saco Grande, onde apresenta regime estuarino conforme as oscilações da maré.

Verifica-se de acordo com o Plano Diretor do Distrito Sede do Município de Florianópolis, proposto na Lei Complementar nº 001/97, que a área de estudo é classificada predominantemente como Área Residencial Exclusiva e/ou Predominante, com algumas faixas de Área Mista de Serviços, e ainda Área Comunitária / Institucional. (IPUF 1997)

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar os aspectos físicos e de ocupação urbana da Bacia do Rio Vadik, identificando as áreas de riscos naturais de deslizamentos e enchentes.

2.2 Objetivos Específicos

1. Apresentar as áreas expostas a riscos naturais de deslizamentos e enchentes;
2. Apontar eventuais agravamentos de risco a partir da ocupação;
3. Identificar a taxa de evolução urbana considerando o intervalo 1996 – 2000;
4. Subsidiar os órgãos gestores municipais com informações de apoio ao planejamento urbano de Florianópolis;

3. METODOLOGIA

A partir do estudo bibliográfico voltado à compartimentação geomorfológica da área de estudo, realizada por Barnetche (2003), foram observados aspectos do trabalho de Dias (2000), o qual efetuou um estudo referenciado pelos elementos da paisagem, desenvolvendo uma análise de susceptibilidade a deslizamentos para o Bairro Saco Grande em Florianópolis-SC. Destaca-se ainda neste trabalho, a análise da evolução urbana entre 1979 e1996 apresentada pelo autor.

Nesta pesquisa, os mapas apresentados por Dias foram adaptados, e desenvolvidos à realidade verificada na interpretação de aerofotos de setembro de 2000. Nesta fase do trabalho, realizou-se a fotointerpretação voltada a delimitação da malha urbana em 2000, para tanto foram utilizadas as aerofotos do IPUF, coloridas, em escala 1:8 000, Aeroconsult – Setembro/2000 Faixa 18, fotos 8 e 9. Assim, elaborou-se o Quadro de Evolução Urbana da Bacia do Rio Vadik (Quadro 1), considerando os dados expostos por

Dias (2000 p. 75) com referência às áreas ocupadas em 1979 e 1996, e incluindo os dados de 2000, estabelecendo uma comparação quantitativa para os recortes temporais. Nesta etapa foi possível corresponder aos preceitos dos objetivos específicos **2** e **3**. A dinâmica da evolução urbana para a área está representada também no Mapa Planialtimétrico e de Evolução Urbana na Bacia do Rio Vadik, 1979 – 2000 (Mapa 02), que tem por base cartográfica o Mapa Planialtimétrico da Bacia do Rio Vadik, Morro do Cantagalo e Ponta do Goulart (BARNETCHE, 2003 p.07).

Com base na ocupação observada em 2000, foi possível re-combinar os elementos da paisagem em algumas áreas, de modo que o mapa de susceptibilidade a deslizamentos obedecesse a mesma atualização, incorrendo no incremento de algumas áreas classificadas como de alta susceptibilidade a deslizamentos, principalmente nas encostas. Com a base cartográfica de Dias (2000) e Barnetche (2003), elaborou-se o Mapa de Susceptibilidade a Deslizamentos e Enchentes da Bacia do Rio Vadik (Mapa 03), apresentando resposta ao objetivo específico **1**. Os mapas temáticos foram elaborados a partir do *software MicrostationJ*.

A elaboração e publicação deste documento, apresentando os dados coletados na pesquisa e observações inerentes à ocupação urbana e à problemática das áreas susceptíveis a riscos naturais, atende ao objetivo específico **4**.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1 Evolução Urbana

A análise da evolução urbana, foi realizada conforme mapeamento relativo ao período de 1979 à 1996 (Dias 2000), incluindo-se os dados relativos a 2000, obtidos através de fotointerpretação. A dinâmica espacial da evolução da ocupação urbana da Bacia do Rio Vadik é apresentada no Quadro 01, e no Mapa 02.

O Quadro de evolução urbana apresenta as áreas urbanizadas (em metros quadrados) com suas respectivas referências temporais, os anos de 1979, 1996 e 2000. Além destas, apresenta-se ainda as taxas de crescimento relativas aos intervalos de “1979 a 1996” e “1996 a 2000”.

Quadro 1 - Quadro de Evolução Urbana da Bacia do Rio Vadik

ANO	1979	1996	2000
Área Urbanizada (m^2)	138.557	393.174	930.529
Taxa de crescimento	183,75 %		141%

Fonte: Dias (2000); IPUF 2000

Destaca-se neste quadro, no período de 1979 a 1996, totalizando 17 anos, a taxa de crescimento em área urbanizada que chegou a 183,75%, e em um período de apenas 4 anos (1996 a 2000) a taxa de crescimento ficou em 141%. A partir destes dados, torna-se claro que as taxas de crescimento evoluem de modo praticamente exponencial e que, em permanecendo sob as taxas atuais, nos depararemos com dois novos lotes de 450m^2 ao dia.

Nota-se, nesta análise comparativa que a ocupação avança sobre as encostas, nas quais os riscos de deslizamentos pré-existem, ou mesmo são agravados.

A exposição aos riscos de deslizamentos é iniciada pelo estabelecimento residencial desta população, e é amplamente agravada por ocasião da substituição da cobertura vegetal pelas edificações, e por cortes no manto de alteração, de modo a originar um aplainamento do terreno, facilitando a construção. Nestas circunstâncias, a retirada da cobertura vegetal causa impacto direto no equilíbrio biostático natural, acelerando grandemente os processos erosivos (BIGARELLA et al., 1994).

Outro agravamento por motivo da urbanização das encostas é o “aumento do escoamento médio e superficial, tendo como conseqüência o aumento das enchentes” (TUCCI e CLARKE 1998, P.39).

Relaciona-se também à urbanização e ao desmatamento, o aumento da produção de sedimentos e materiais sólidos, oriundos da dissecação do relevo, por vezes promovendo movimentos de massa, incorrendo em posterior assoreamento dos canais fluviais.

A Figura 01 apresenta aspectos da ocupação das encostas. Nessa área foram observados diversos cortes no manto de alteração e vias não pavimentadas íngremes, impedindo o acesso a veículos comuns, denotando a precária infra-estrutura urbana local.

Figura 01 – Ocupação das encostas.

Destaca-se ainda o nível de ocupação da planície de acumulação flúvio-marinha, correspondente à planície de inundação. Barnetche (2003) cita a problemática da instalação de um *"Shopping"* à margem do Rio Vadik. Na área de instalação deste centro comercial, houve o aterro de 15.000 metros quadrados de área de manguezal, por esse motivo, o Ministério Público moveu ação contra os responsáveis pelo empreendimento, ocasionando em um Projeto de Recuperação Ambiental conforme Acordo nº - 96.00.06712-0 da 6ª Vara Federal. Este projeto de recuperação é aplicado atualmente na área da Estação Carijós, vinculada ao IBAMA, voltada à proteção das áreas dos mangues do Saco Grande e Ratones.

Próximo à linha de costa, observa-se também o avanço da ocupação por sobre áreas de manguezal. A vegetação de manguezal se desenvolve em áreas que estão sujeitas às oscilações da maré, que caracteriza o regime estuarino. Com a invasão destas áreas, a população se expõe a inundações, principalmente por ocasião das marés de sizígia.

MAPA 02: PLANIALTIMÉTRICO E DE EVOLUÇÃO URBANA DA BACIA DO RIO VADIK- 1979 - 2000
Convenções Cartográficas
Área ocupada - 1979
Área ocupada - 1996
Área ocupada - 2000
Shopping em construção
Rodovia Estadual
Rodovia Municipal
Limite do Mangue
Canal Fluvial
Curvas de Nível
Cota não Comprovada
JOÃO PAULO
MONTE VERDE
Norte da Ilha
Centro (5 Km)
Morro das Canelas
Morro da Fortaleza
Morro da Costa da Lagoa
Rio Vadik
Fontes:
- BARNETCHE (2003 p.7),Mapa Planialtimétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Vadik, Morro do Cantagalo e Ponta do Goulart, Florianópolis - Santa Catarina. Escala 1:20000;
- DIAS (2000 p.74), Mapa de Evolução Urbana: Bairro Saco Grande - Florianópolis-SC. Escala 1:25000;
- IPUF Set/2000 - Aerolevantamento Faixa 18 Fotos 8 e 9 (colorida). Escala1:8000
Digitalização e Edição:
- Geógrafo Diogo Barnetche
- Acadêmica Simone D. Moretti
PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR-UTM
Equidistância das curvas de nível: 10m
Meridiano Central 51°W Gr

4.2 Susceptibilidade a Deslizamentos e Enchentes

Conforme proposição da pesquisa, procurou-se identificar as áreas susceptíveis a deslizamentos e enchentes, e apresentar esta identificação conforme o Mapa de Susceptibilidade a Deslizamentos e Enchentes da Bacia do Rio Vadik (Mapa 03). Para tanto, baseou-se na análise apresentada por Dias (2000, p.79) no Mapa de Susceptibilidade a Deslizamentos, Bairro Saco Grande, Florianópolis-SC. A classificação apresentada pelo autor combina os elementos da paisagem, como forma da encosta, uso da terra (com base em 1996), geomorfologia e declividade, de modo a estabelecer graus de susceptibilidade a deslizamentos. Assim, procurou-se atualizar o mapa para a área da Bacia do Rio Vadik, inserindo na análise as áreas ocupadas até 2000, o que permitiu a reclassificação de algumas áreas de encosta que passaram a apresentar alto grau de susceptibilidade a deslizamentos. A área delimitada como susceptível a enchentes não foi alterada, porém percebe-se que de 1996 para 2000, houve significativo incremento na ocupação de áreas inundáveis, seja na planície de acumulação flúvio-marinha, seja nas áreas de encosta com declividades entre 0 e 8 %, às margens dos cursos d'água. Esta dinâmica pode ser observada no Mapa 03.

Em pesquisas de campo, observou-se que não existem maiores infra-estruturas voltadas à prevenção de deslizamentos, salvo iniciativas pontuais em alguns terrenos, nos quais é possível verificar a existência de estruturas de proteção, como muros de arrimo, por exemplo. Na maioria das edificações observadas, os principais movimentos realizados pelos habitantes locais são os de retirada irrestrita da vegetação, o corte do manto de alteração e o aplainamento das áreas de construção das residências. Deste modo o residente enfrenta duplo risco, de solapamento por desconfinamento da base de seu próprio terreno, e de deslizamento ou rolamentos de blocos relativos aos terrenos a montante.

Quanto às enchentes, que por vezes atingiram a população da baixa planície, verifica-se que existem algumas infra-estruturas preventivas de canalização do escoamento do Rio Vadik, porém esta canalização encontra um "gargalo" no cruzamento com a SC-401. Este estreitamento do canal pode dificultar o escoamento e incorre no aumento do risco de enchentes.

Outro limitante do escoamento, observado ao longo do canal na baixa planície, é o assoreamento. O assoreamento combinado com o regime estuarino, ou seja, com as oscilações da maré, incrementa o risco de enchentes, uma vez que o assoreamento indica uma diminuição da profundidade do canal, e o processo de frenagem do escoamento imposto pela maré mecânica, promovem a retenção do fluxo normal no canal.

Na Figura 02, é possível observar o assoreamento do canal, a presença de resíduos sólidos (lixo), e a altura das margens, cerca de 1 metro acima do nível médio da maré, altitude que se repete em vasta área na planície. A cerca branca indica o limite do terreno no qual estão instaladas empresas do ramo da construção civil. Vale lembrar que tanto estas empresas quanto o shopping que esta sendo construído ao lado destas, estão em terrenos baixos, de cerca de 1 metro de altitude.

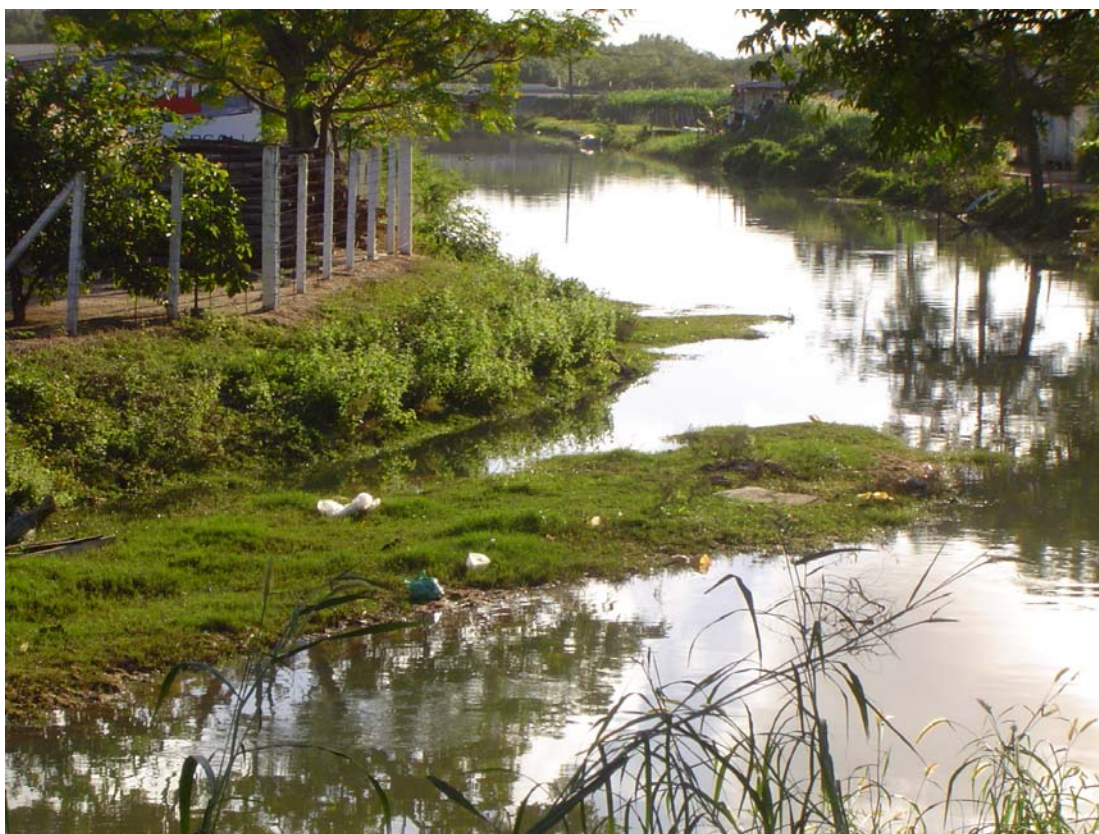



Figura 02 – Canal na baixa planície – Assoreamento e margens de cerca de 1 metro.

Conforme proposta desta pesquisa, sintetiza-se a identificação e atualização do mapeamento das áreas de risco a deslizamentos e enchentes na apresentação do Mapa 03, Mapa de Susceptibilidade a Deslizamentos e Enchentes da Bacia do Rio Vadik.

MAPA 03: SUSCEPTIBILIDADE A DESLIZAMENTOS E ENCHENTES DA BACIA DO RIO VADIK
Convenções Cartográficas
Graus de Susceptibilidade a Deslizamentos
Nulo / Baixo
Moderado
Alto
Muito Alto
Área Susceptível a Enchentes
Manguezal
Rodovia Estadual
Rodovia Municipal
Limite do Mangue
Canal Fluvial
Curvas de Nível
Cota não Comprovada
MONTE VERDE
Norte da Ilha
Centro (5 Km)
Morro das Canelas
Morro da Fortaleza
Morro da Costa da Lagoa
Rio Vadik
401
Fontes:
- BARNETCHE (2003 p. 7),Mapa Planialtimétrico da Bacia Hidrográfica do Rio Vadik, Morro do Cantagalo e Ponta do Goulart, Florianópolis Santa Catarina 1:20000;
- DIAS (2000 p. 79), Mapa de Susceptibilidade a Deslizamentos, Bairro Saco Grande Florianópolis-SC 1:25000
Elaboração:
Geógrafo Diogo Barnetche
Acadêmica Simone D. Moretti
746000
747000
748000
749000
6950000
6949000
6948000

5. CONCLUSÕES

Com taxas de 141% de evolução da ocupação urbana, observadas no período de 1996 a 2000, fica praticamente impossível promover uma melhor segurança relativa aos deslizamentos e enchentes. A população simplesmente invade áreas de mata nas encostas e estabelecimentos comerciais são instalados à beira do mangue, quando não por sobre o mangue. Cabe destacar, que o termo "evolução" da ocupação urbana, não tem conotação qualitativa, mas sim quantitativa ao longo do tempo.

Mesmo com os preceitos legais estabelecidos no planejamento urbano, observa-se que a lógica desordenada da ocupação prevalece, apresentando reflexos do contexto sócio-econômico que induz a população de menor poder aquisitivo a ocupar as encostas. Estes reflexos eventualmente condicionam e reproduzem a condição social desta população, uma vez que em eventos de pluviosidade intensa, os prejuízos tenderão a ser maiores a quem está nas áreas de maior risco, com perdas econômicas (materiais) e sociais (bem estar social, vidas).

Independentemente de acordos ou projetos de recuperação ambiental, teme-se que a instalação de um empreendimento de grande porte à margem do Rio Vadik, em uma área de apenas de 1 metro de altitude, possa agravar os problemas que a população do Bairro Monte Verde já se submetera no passado, em outros eventos de pluviosidade intensa. Vale ressaltar que ao atravessar a Rodovia, encontra-se o manguezal, o que indica entre outras coisas, que pelo menos 2 vezes por dia a cunha salina, movida pela maré, avança por sob a rodovia em direção à planície. Infelizmente, caso ocorra a concomitância do avanço da cunha salina com períodos de chuva intensa, a população estará exposta aos riscos de enchentes.

Cabe questionar nesse momento, se os estudos relacionados aos riscos, e à susceptibilidade a desastres naturais estão realmente subsidiando os órgãos gestores? De que forma pode-se otimizar o repasse destas informações, obtidas através da pesquisa cientifica?

A partir das contribuições científicas, espera-se que o termo evolução seja empregado como melhora qualitativa na qualidade de vida e no bem estar da população, munindo os gestores do espaço urbano, na árdua tarefa da organização sócio-espacial.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: referências-elaboração. Rio de Janeiro, 2000.

BIGARELLA, J. J., BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. dos; PASSOS, E.; SUGUIO, K. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**, Florianópolis, Editora da UFSC, 1994, 425p.

BARNETCHE, D. **Compartimentação Geomorfológica da Bacia do Rio Vadik, Morro do Cantagalo e Ponta do Goulart, Florianópolis-SC**. 2003, 59p. Trabalho de Conclusão de Curso Geografia – Centro de Filosofia e Ciências Humanas – UFSC – Florianópolis

CARUSO Jr, F. **Texto Explicativo e mapa geológico da Ilha de Santa Catarina**; 1:100 000. Notas Técnicas n.6 , CECO-IG-UFRGS, Porto Alegre, 28p. 1993.

CEPED, **Capacitação em Defesa Civil: Prevenção e Redução de Desastres**. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, 2003. (livro texto), Ed. Nova Letra – Blumenau, 125p.

CRISTO, S. **Análise de Susceptibilidade a Riscos Naturais Relacionados às Enchentes e Deslizamentos do Setor Leste da Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi, Florianópolis – SC**; 2002. 195p. Dissertação (Mestrado em Geografia) CFH - UFSC, Florianópolis.

DIAS, F. P. **Análise da Susceptibilidade a Deslizamentos no Bairro Saco Grande, Florianópolis – SC**; 2000. 97p. Dissertação (Mestrado em Geografia) Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

IPUF – **Aerolevantamento Aeroconsult** – Setembro/2000, Escala 1:8 000 (colorida) Faixa 18, fotos 8 e 9.

IPUF – **Lei Complementar nº 001/97** – Plano Diretor de Florianópolis

MONTEIRO, C. A. de F. **Clima e Excepcionalismo. Conjecturas sobre o Desempenho da Atmosfera como Fenômeno Geográfico**, Florianópolis: Editora da UFSC, 1991. 241p.

TUCCI, C. E. M.: CLARQUE, R. T. Impacto das Mudanças da Cobertura Vegetal no Escoamento: Revisão. In: I Fórum Geo-Bio-Hidrologia, 1998, Curitiba. **Anais...**, 1998.

MAPEAMENTO DE ÁREA DE PERIGO COM CONSIDERAÇÃO DO ALCANCE DA MASSA DESLIZADA: ESTUDO DE CASO

MASATO KOBIYAMA[1]
ROBERTO VALMIR DA SILVA[1]
TATIANE CHECCHIA[1]
ALEXANDRE ALVES[1]

[1]Depto. de Eng. Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa Postal 476, Florianópolis – SC, Brasil. CEP 88040-900
{kobiyama, roberto, tatiane, alexandre}@ens.ufsc.br

KOBIYAMA, M.; SILVA, R. V.; CHECCIA, T.; ALVES, A. Mapeamento de áreas de perigo com consideração do alcance da massa deslizada: estudo de caso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.117-128. (CD-ROM)

RESUMO
O movimento de massa é considerado um fenômeno natural e o principal formador da superfície terrestre. Além disso, há mais prejuízos sócio-econômicos e ambientais nas áreas de deposição do que nas áreas de ocorrência. Desta forma, as áreas de perigo não devem conter apenas as áreas de ocorrência, mas também as áreas de deposição. Para tanto, os processos de iniciação, transporte e deposição devem ser estudados. Este trabalho apresentou um método topográfico modificado para estimativa da distância de alcance máxima alcançada pela massa deslizada. Esta técnica poderá melhorar a elaboração de mapas de áreas de perigo para deslizamentos. Este método foi aplicado a uma região com potencialidade em deslizamentos, no município de Florianópolis - SC. Duas áreas do local de estudo foram analisadas e as áreas de ocorrência de deslizamento e deposição foram levantadas.
Palavras-chave: deslizamento, distância de alcance, mapa de perigo.

HAZARD MAP WITH CONSIDERATION ON LANDSLIDE RUNOUT DISTANCE: CASE STUDY

ABSTRACT
The mass movement is a natural phenomenon and is the main landscape-surface generator. It is noted that there are more social, economic and environmental damages on the deposition areas in this phenomenon than on the occurrence areas. That is why the hazard areas must content not only the occurrence areas, but also the deposition areas. The initiation, transport and deposition processes have to be considered. This work presents a modified topographic method to estimate the maximum runout distance of the slided mass. This method will be able to improve the hazard maps confection. This method was applied to one region with potential landslides, in Florianópolis City, Santa Catarina State. Two areas within the study region were analyzed and both landslides areas and deposition areas were mapped.
Key-words: landslide, runout distance, hazard map.

1. INTRODUÇÃO

O movimento de massa em vertente é um fenômeno natural e faz parte da evolução da paisagem. BIGARELLA (2003) colocou que este fenômeno é o mais importante processo geomórfológico modelador da superfície terrestre. Portanto, viver com esse fenômeno é inevitável. O aumento da população nas áreas urbanas causa as ocupações de áreas inadequadas, obrigando a população ao convívio com esse fenômeno.

Recentemente, FERNANDES & AMARAL (1998), BIGARELLA (2003), CHECCHIA et al. (2004) entre outros realizaram um levantamento bibliográfico da termologia relacionada ao movimento de massa em encosta. Como FERNANDES &

AMARAL (1998) mencionaram, há uma grande confusão na literatura devido a diversas definições de vários termos. Entretanto, observando esses levantamentos bibliográficos, fenômenos relacionados a movimento de massa podem ser classificados a quatros tipos: rastejamento (*creep*), quedas de blocos (*rock fall*), corrida ou enxurrada (*debris flow*), e deslizamento ou escorregamento (*landslide*).

O rastejamento é um fenômeno bem lento e a energia destrutiva conseqüentemente é menor que a dos demais tipos. Mesmo assim, o mecanismo do fenômeno tem chamado atenção dos pesquisadores há muito tempo (SELBY, 1993). Mas não foi investigado onde pode ocorrer este fenômeno. No caso de quedas de blocos, a preocupação maior é a trajetória de bloco que cai na vertente. Por exemplo, GUZZETTI et al. (2002) realizaram uma boa revisão sobre modelagem computacional desse fenômeno, propondo seu modelo tridimensional (STONE) que trata desse fenômeno como cinemático.

Comparado com quedas de blocos, o fenômeno de corrida é bem mais complexo. Normalmente ele é investigado em três aspectos: ocorrência (geração), fluxo (transportação), e depósito (sedimentação). Como sua energia é extremamente alta e conseqüentemente esse fenômeno torna-se tão violento, existem diversas pesquisas tanto com modelagens numérica e física como com levantamento em campo, para saber onde o fenômeno ocorre, como flui e onde se deposita. Estas pesquisas podem ser informadas em TAKAHASHI (1991).

Deslizamento (escorregamento) deve ser o fenômeno mais comumente observado em todo mundo. Como sua ocorrência é bastante freqüente e altera a topografia da região, a sociedade tenta mapear sua ocorrência. Classificando quatro tipos de mapas de deslizamento: mapa de inventário, mapa de movimento atual de deslizamento, mapa de susceptibilidade e mapa de vulnerabilidade, PARISE (2001) discutiu definição, funcionamentos, papeis e utilidades de cada tipo.

GUZZETTI et al. (1999) mencionaram a importância de mapeamento de área de perigo (*hazard*) para mitigar desastres devido à ocorrência de deslizamentos. Com o avanço tecnológico na área de geoprocessamento, o mapeamento de áreas de perigo com deslizamento vem sendo cada vez mais popular (por exemplo, TURRINI & VISINTAINER, 1998; LEE et al., 2002; e PEROTTO-BALDIVIEZO et al., 2004). Entretanto, estes trabalhos trataram apenas os locais de ocorrência de deslizamento. Quando as imagens de desastres naturais com deslizamentos são observadas, parece que em áreas de deposição de deslizamento há mais prejuízos sócio-econômico e ambiental do que nas áreas de suas ocorrências. Em outras palavras, na elaboração de mapa de área de

perigo com deslizamento, esta área deve conter não somente área de ocorrência, mas também área de deposição.

No Brasil, por exemplo, FERNANDES et al. (2001, 2004) e GUIMARÃES et al. (2003) aplicaram o modelo SHALSTAB para verificar onde pode ocorrer deslizamento em duas bacias no Estado de Rio de Janeiro. Esse modelo foi elaborado com bases nas teorias de DIETRICH et al. (1992) e MONTGOMERY & DIETRICH (1994). Usando as mesmas teorias, SANTOS & KOBIYAMA (2002) construíram o modelo UMBRAL e o aplicaram para uma bacia no Estado de Paraná. Também seu resultado mostrou onde poderá ocorrer o deslizamento além de outros tipos de erosão. Como estes trabalhos brasileiros investigaram apenas os locais de ocorrência de deslizamento, seus resultados de mapas não podem ser diretamente utilizados para área de perigos.

Sendo assim, o presente trabalho apresenta um método topográfico bem simples para elaborar mapas de áreas mais completas de perigo com deslizamento e aplicá-lo a uma região que possui potencialidade em deslizamento.

2. TEORIA

Os métodos de investigação da distância que a enxurrada de origem do deslizamento atinge podem ser classificados em dois tipos: topográfico e numérico com base física. A descrição do método numérico encontra-se no livro de TAKAHASHI (1991). Embora ele seja muito útil, exige alto conhecimento de técnicas computacionais e também necessita dados com enorme número de parâmetros, muitas vezes inviabilizando sua execução.

Por outro lado, o método topográfico é de fácil execução, necessitando apenas de mapas topográficos. Embora a precisão nesse método pode ser menor do que no numérico, o método topográfico é bastante útil para estudos preliminares e também para estudos dos locais onde não há dados dos parâmetros. Portanto, o presente trabalho trata do método topográfico.

A Figura 1 mostra a geometria do deslizamento e sua deposição que SCHEIDEGGER (1973, 1990) propôs de uma maneira simples. Imagina-se que uma pequena massa inicialmente parada escoa ao longo de uma distância pequena e ganha uma energia cinética. Considerando a perda de energia devido à fricção, obtém-se uma equação de conservação de energia, isto é:

$$mg\Delta s \cdot \sin\beta = \Delta\left(\frac{1}{2}mv^2\right) + fmg\Delta s \cdot \cos\beta \qquad (1)$$

na qual m é a massa de pequeno elemento; g é a aceleração gravitacional; e v é a velocidade; f é o coeficiente de fricção dinâmica que é considerado constante. Como $\Delta s \cdot \sin\beta = \Delta h$ e $\Delta s \cdot \cos\beta = \Delta x$ na Figura 1, a equação (1) torna-se:

$$\frac{1}{g}\Delta\left(\frac{1}{2}v^2\right) = \Delta h - f\Delta x \tag{2}$$

SCHEIDEGGER (1973, 1990) considerou que a velocidade seja nula em ambos momentos inicial e final do movimento, e integrando a equação (2) obteve:

$$f = \frac{h}{x} = \tan\alpha \tag{3}$$

na qual x representa a distância máxima da área de deposição e h o desnível entre a parte superior do deslizamento e o nível do local de alcance máximo da área de deposição. A equação (3) indica que o coeficiente de fricção dinâmica é igual à razão de altura total de movimento sobre a distância total de movimento. HSÜ (1975) chamou este f como coeficiente equivalente de fricção.

Se a equação (3) é correta, seria importante estimar o valor de f. Sob o aspecto da engenharia, o valor de f pode ser relacionado com o valor do coeficiente de fricção f*. ASHIDA et al. (1984), realizando experimentos laboratoriais, mostraram a seguinte relação:

$$0{,}65 < \frac{f}{f^*} < 0{,}85 \tag{4}$$

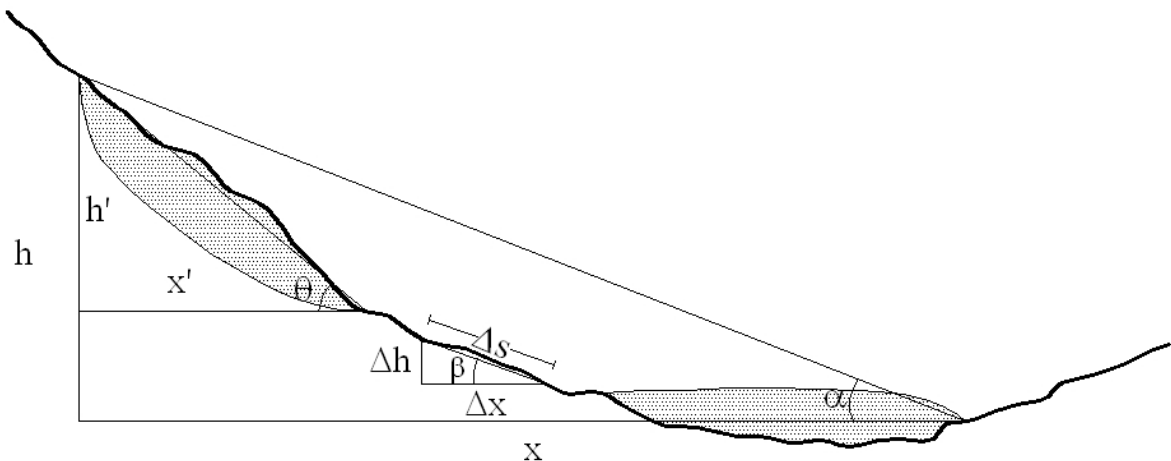



Figura 1 – Geometria de deslizamento e sua deposição.
Fonte: Modificação de SCHEIDEGGER (1973) e MORIWAKI (1987).

Além disso, eles concluíram que o valor desta relação é independente do tipo de material e do valor de velocidade. Assim, o coeficiente de fricção dinâmica está relacionado com o de fricção.

Considerando em equilíbrio a massa na encosta linear antes da iniciação do movimento, MORIWAKI (1987) supõe que o valor de f^* podia ser igual à tangente da declividade da encosta. No caso deste autor, a geometria de deslizamento foi tratada como o ilustrado na Figura 1.

Aplicando essa geometria para 33 casos ocorridos em diversos paises no mundo, MORIWAKI encontrou a seguinte equação:

$$f = \frac{h}{x} = 0{,}73\tan\theta - 0{,}07 \qquad (R^2 = 0{,}938) \qquad (5)$$

na qual $\tan\theta$ corresponde à declividade do local susceptível ao deslizamento (razão entre *h*' e *x*'). Esta equação (5) foi obtida com o levantamento de deslizamentos causados pela chuva, pelo terremoto, pelo degelo e pelo vulcanismo. Como deslizamentos ocorrem por causa de água no Brasil, o presente trabalho extraiu, no trabalho de MORIWAKI (1987), somente os dados relacionados à água, ou seja, chuva e degelo. Estes dados estão na Tabela 1. Seguindo a mesma analise que MORIWAKI (1987) realizou, o presente trabalho relacionou o coeficiente de fricção dinâmica e a declividade de encosta. O resultado é a seguir:

$$f = \frac{h}{x} = 0{,}5522\tan\theta + 0{,}0314 \qquad (R^2 = 0{,}5981) \qquad (6)$$

Comparando com a equação (5), a equação (6) possui o menor valor de R^2, mas seu valor é razoavelmente alto. Portanto, o presente trabalho adota a equação (6).

Tabela 1 – Dados de levantamento de deslizamento

No. do caso	Geologia	Vol. desmoronado (m^3)	h/x	$\tan\theta$
7	-	$5x10^6$	0,370	0,520
8	Arenito, siltito	$1,3x10^5$	0,584	0,726
9	sílex	$1,0x10^5$	0,435	0,662
10	Solo arenoso	-	0,265	0,600
12	Andesito, riorito	$8,8x10^5$	0,297	0,456
13	Andesito	$2,1x10^3$	0,527	1,030
20	Solo arenoso	3,7	0,554	0,839
21	Filito	$6,6x10^4$	0,364	0,700
22	Congromelito	$2,7x10^3$	0,404	0,577
23	Filito	$1,0x10^3$	0,364	0,675
24	Folhelho	$6,1x10^5$	0,435	0,543
25	Rocha metamorfica	$2,4x10^4$	0,333	0,726
26	Solo coluvial	$7,5x10^4$	0,510	0,754
27	cinza	$3,5x10^6$	0,280	0,394
28	Calcário	$3,65x10^7$	0,260	0,600
29	Arenito	4,0x10	0,203	0,435
31	Argilito	$1,3x10^8$	0,416	0,577
32	Arenito	$1,0x10^9$	0,226	0,466
33	Les	$4,5x10^7$	0,184	0,335

Fonte: Parte de MORIWAKI (1987)

Ainda na comparação entre as equações (5) e (6), nota-se que o valor de inclinação da linha da equação (6) é menor que aquele da (5). Aquele valor (0,5522) é ainda menor que a faixa obtida por ASHIDA et al. (1984). Isso pode ser devido ao fato que a equação (6) foi obtida somente com os casos nos quais a massa no deslizamento estava bem úmida e a água reduziu a rugosidade do material.

Além disso, analisando os dados da Tabela 1, obtém-se:

$$\frac{h}{x} = -\log V + 0,4892 \qquad (R^2 = 0,1709) \qquad (7)$$

$$\tan\theta = -0,0396 \log V + 0,8176 \qquad (R^2 = 0,2691) \qquad (8)$$

$$V = 295167036 - 708228887\left(\frac{h}{x}\right) + 62332844 \tan\theta \qquad (R^2 = 0,1073) \qquad (9)$$

Como se pode notar o valor de R^2 para a equação (9) é muito baixo, deduz-se que para a estimativa do volume deslizado, outros parâmetros devem ser levados em consideração, tal como o tipo de solo.

3. APLICAÇÃO

3.1. Área de estudo

O presente trabalho aplicou esse procedimento (eq. (6)) para duas áreas classificadas como de alta susceptibilidade por DIAS (2000) e DIAS & HERRMANN (2002), no bairro Saco Grande, atualmente denominado João Paulo, no município de Florianópolis. Estado de Santa Catarina (Figura 2). Nesse município, o clima é subtropical úmido com a precipitação anual de aproximadamente 1500 mm.

Esses autores, usando a técnica de SIG, classificaram esse bairro em quatro categorias em termos de susceptibilidade a deslizamento: nula/baixa, moderada, alta e muito alta. Segundo os mesmos autores, as áreas com susceptibilidade muito alta e alta possuem uma combinação de declividade 30 a 100% e encostas retilíneas, sendo consideradas áreas de perigo. A área total desta categoria foi estimada em 3.006.367 m^2 o que corresponde a 17,82% da área total do bairro.

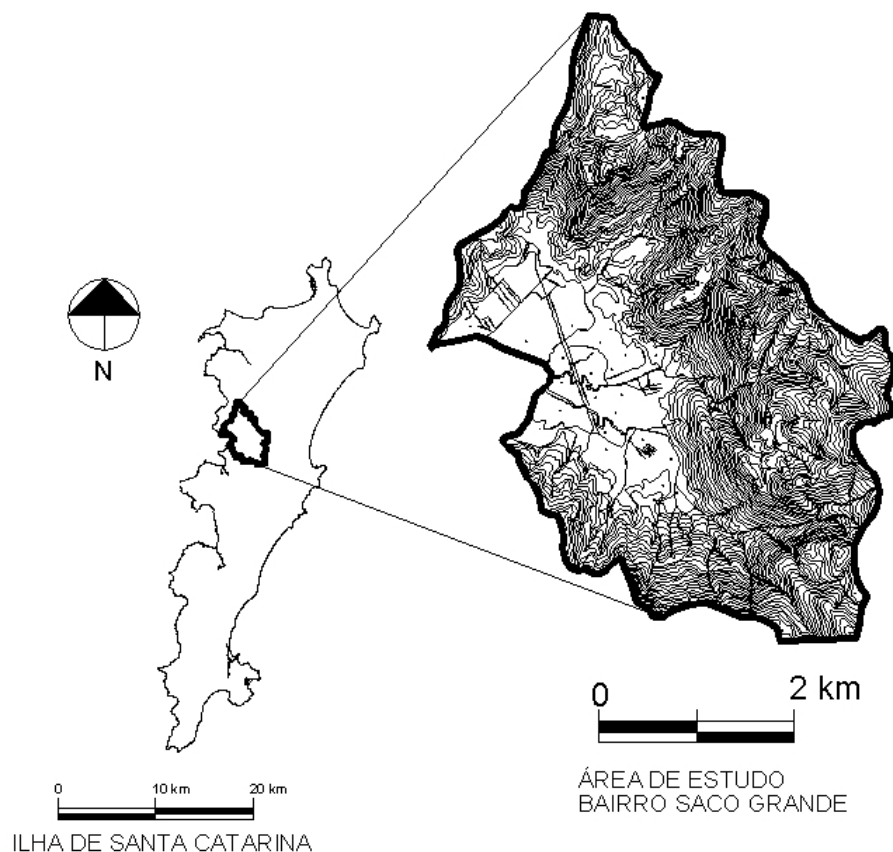



Figura 2. Localização da área de estudo.

3.2. Mapeamento de área de perigo

O presente trabalho selecionou dois locais que foram apontados como áreas de susceptibilidade muito alta ou alta. Os dois locais, denominados de “a” e “b” possuem áreas de 187.132 m^2 e 289.550 m^2 respectivamente (Figura 3).

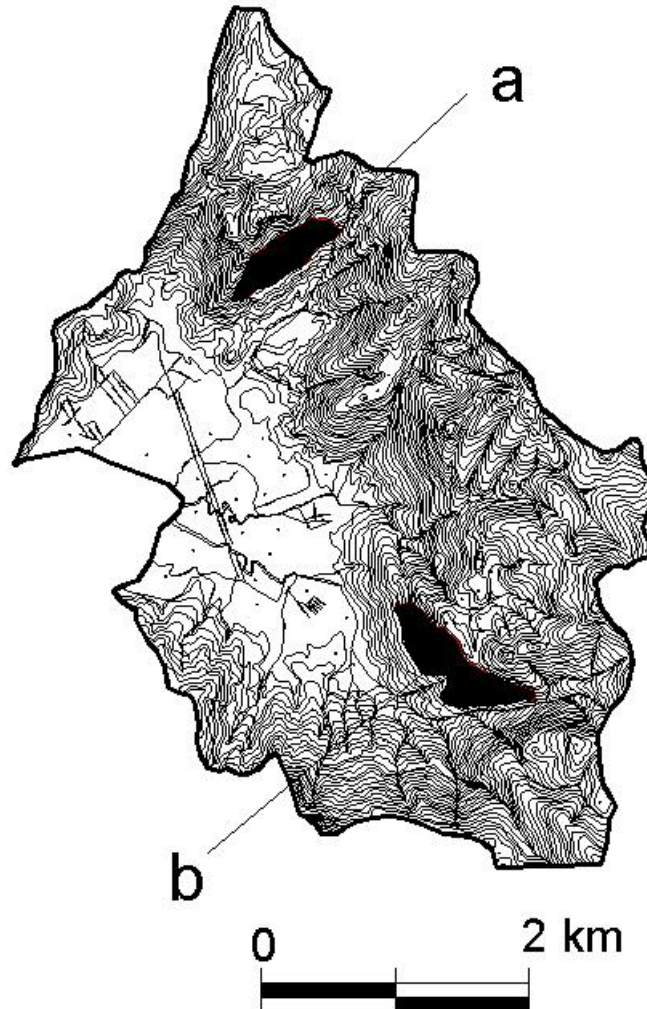



Figura 3. Localização dos locais selecionados para análise.

Para cada local selecionado foram traçados perfis longitudinais ao sentido do deslizamento para extração dos parâmetros: h' e x' (Figura 1). Com estes parâmetros foi possível calcular o ângulo θ, f, e utilizando a equação (5), o ângulo α de cada perfil.

Para cada perfil foram traçadas linhas a partir da parte superior do deslizamento com declividade igual ao ângulo α. Quando esta linha intercepta a superfície topográfica, acha-se x e conseqüentemente h. Para os pontos extremos foram utilizadas as linhas com declividade dos perfis vizinhos. A Tabela 2 apresenta os perfis e parâmetros para as duas áreas.

Para a área “a” foi encontrada uma área de deslizamento e deposição de 520.672 m^2 e para a área “b” 816.946 m^2. Estas áreas são apresentadas na Figura 4.

Tabela 2. Perfis da área e parâmetros. (a) Área “a”; (b) Área “b”.

(a)

Perfil	h' [m]	x' [m]	tan θ	θ [º]	f	α [º]
1	66	135,4	0,487445	25,98667	0,300567	16,72904
2	86	173,6	0,495392	26,35343	0,304955	16,95936
3	103	220,5	0,46712	25,03823	0,289344	16,13747
4	150	323,1	0,464253	24,90321	0,28776	16,05372
5	139	319,2	0,435464	23,53138	0,271863	15,20902
6	102	185,9	0,548682	28,75279	0,334382	18,48902
7	145	368,8	0,393167	21,46312	0,248507	13,9557
8	123	274,1	0,448741	24,16775	0,279195	15,59947
9	70	173,2	0,404157	22,00644	0,254576	14,28271
10	40	85,1	0,470035	25,17518	0,290953	16,22254
			Média ->	**24,73782**	**0,285825**	**15,95128**

(b)

Perfil	h' [m]	x' [m]	tan θ	θ [º]	f	α [º]
1	50	119,78	0,417432	22,65722	0,261906	14,67646
2	60	149,54	0,40123	21,86216	0,252959	14,19572
3	70	196,37	0,35647	19,61962	0,228243	12,8571
4	110	275,56	0,399187	21,76125	0,251831	14,13494
5	120	275,03	0,436316	23,57242	0,272334	15,23413
6	120	288,03	0,416623	22,61775	0,261459	14,65251
7	110	280,38	0,392325	21,4213	0,248042	13,93059
8	110	262,48	0,41908	22,73756	0,262816	14,72523
9	80	225,95	0,354061	19,49705	0,226912	12,78463
			Média ->	**21,74959**	**0,251701**	**14,12793**

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento de locais onde se iniciam os movimentos de massa (deslizamento) é de grande importância. É fato que a massa que desliza deposita-se bem abaixo do local inicial. Isto implica que as áreas de perigo devido a deslizamentos abrangem áreas totais de iniciação, transporte (fluxo) e deposição de deslizamento. Então, o mapa de área de perigo devido a deslizamentos deve levar em consideração todas as áreas.

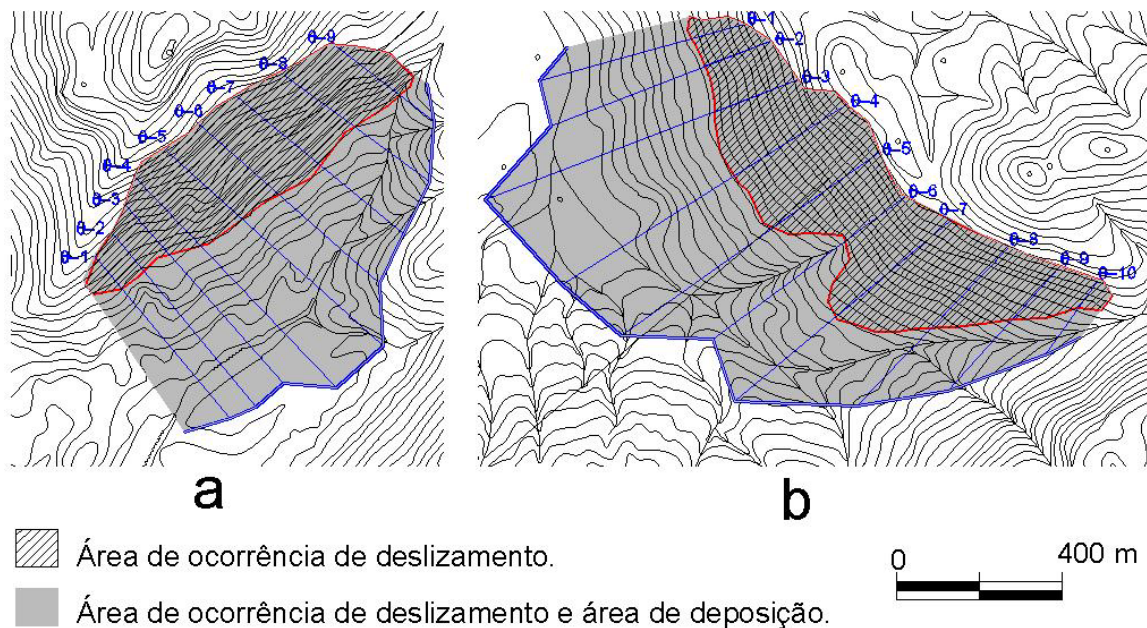



Figura 4. Traçado dos perfis e determinação da área de deposição.

Com este intuito, o presente trabalho estabeleceu um método simples com base de informação topográfica. Para isso, modificou uma equação estabelecida por MORIWAKI (1987) que incluiu os efeitos sismológicos, pois no Brasil praticamente não se necessita desta consideração. A equação estabelecida para o alcance da massa escorrida no deslizamento é $f = \frac{h}{x} = 0{,}5522 \tan\theta + 0{,}0314$. O presente trabalho aplicou esta equação a alguns locais de susceptibilidade muito alta e alta a deslizamentos, no bairro Saco Grande no município de Florianópolis.

Para melhorar esta equação, deve-se realizar levantamentos em campo sobre deslizamentos em diversos locais.

5. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a Prof[a]. Maria Lúcia Herrmann da UFSC, pela discussão sobre conceito de susceptibilidade a deslizamento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHIDA, K.; EGASHIRA, S.; KAMIYA, H. The motion of a soil block released by slope failures. Kyoto: **Annuals of Disaster Prevention Research Institute – Kyoto Univ.**, v.27 B-2, p.331-340, 1984. (em japonês com resumo ingles).

BIGARELLA, J.J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. 2003. Vol.3., p.884-1436

CHECCHIA, T.; KOBIYAMA, M.; SILVA, R.V.; ALVES, A. Análise preliminar da evolução dos deslizamentos no valo do rio Caeté, Alfredo Wagner, SC In: Simpósio Nacional de Geomorfologia (5: 2004: Santa Maria) Santa Maria: UFSM, **Anais**, 2004. (no prelo).

DIAS, F.P. **Análise da susceptibilidade a deslizamentos no bairro Saco Grande, Florianópolis - SC.** Florianópolis: UFSC, 2000. 97p. (Dissertação de mestrado).

DIAS, F.P.; HERRMANN, M.L.P. Susceptibilidade a deslizamentos: Estudo de caso no bairro Saco Grande, Florianópolis - SC. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.3, n.6, p.57-73, 2002.

DIETRICH, W.E.; WILSON, C.J.; MONTGOMERY, D.R.; McKEAN, J.; BAUER, R. Erosion thresholds and land surface morphology. **Geology**, v.20, p.675-679, 1992.

FERNANDES, N. F. e AMARAL, C. P. do. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T e CUNHA, S. B. (orgs.) **Geomorfologia e meio ambiente. 2.ed.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p.123-194.

FERNANDES, N.F.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A.T.; VIEIRA, B.C.; MONTGOMERY, D.R.; GREENBERG, H. Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlância, v.2, p.51-71, 2001.

FERNANDES, N.F.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A.T.; VIEIRA, B.C.; MONTGOMERY, D.R.; GREENBERG, H. Topographic controls of landslides in Rio de Janeiro: field evidence and modeling. **Catena**, Amsterdam, v.55, p.163-181, 2004.

GUIMARÃES, R.F.; MONTGOMERY, D.R.; GREENBERG, H.; FERNANDES, N.F.; GOMES, R.A.T.; CARVALHO, O.A. Parametarization of soil properties for a model of topographic controls on shallow landsliding: application to Rio de Janeiro. **Engineering Geology**, Amsterdam, v.69, p.99-108, 2003.

GUZZETTI, F.; CARRARA, A.; CARDINALI, M.; REICHENBACH, P. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. **Geomorphology**, Amsterdam, v.31, p.181-216, 1999.

GUZZETTI, F.; CROSTA, G.; DETTI, R.; AGLIARDI, F. STONE: a computer program for the three-dimensional simulation of rock-falls. **Computers & Geosciences**, v.28, p.1079-1093, 2002.

HSÜ, K.J. Catastrophic debris stream generated by rockfalls. **Geologial Society of América Bulletin**, v.86, p.129-140, 1975.

LEE, S.; CHWAE, U.; MIN, K. Landslide susceptibility mapping by correlation between topography and geological structure, the Janghungare, Korea. **Geomorphology**, Amsterdam, v.46, p.149-162, 2002.

MONTGOMERY, D.R.; DIETRICH, W.E. Landscape dissection and drainage area-slope thresholds. In: KIRKBY, MJ. (ed.) **Process models and theoretical geomorphology**, Chichester: John-Wiley, 1994. p.221-270.

MORIWAKI, H. A prediction of the runout distance of a debris. **Journal of Japan Landslide Society**, Tokyo, v.24, n.2, p.10-16, 1987.

PARISE, M. Landslide mapping techniques and their use in the assessment of the landslide hazard. **Physics and Chemistry of the Earth. Parte (C) Solar, Terrestrial & Planetas**, v.26, p.697-703, 2001.

PEROTTO-BALDIVIEZO, H.L.; THUROW, T.L.; SMITH, C.T.; FISHER, R.F. WU, X.B. GIS-based spatial analysis and modeling for landslide hazard assessment in steeplands, southern Honduras. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.103, p.165-176, 2004.

SCHEIDEGGER, A.E. On the prediction of the reach and velocity of catastrophic landslides. **Rock Mechanics**, v.5, p.231-236, 1973.

SCHEIDEGGER, A.E. **Theoretical geomorphology.** 3ed. Berlin: Springer-Verlag, 1990. 434p.

SANTOS, I.; KOBIYAMA, M. Modelagem e delimitação de processos erosivos em vertentes. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia (4: 2002: São Luiz) São Luiz: UFMA, **Anais**, 2002. CDrom.

SELBY, M.J. **Hillslope materials and processes.** 2ed. Oxford: Oxford Univ. Press, 1993. 451p.

TAKAHASHI, T. **Debris flow.** Rotterdam: Balkema, 1991. 165p.

TURRINI, M.C.; VISINTAINER, P. Proposal of a method to define areas of landslide hazard and application to an area of the Dolomites, Italy. **Engineering Geology**, Amsterdam, v.50, p.255-265, 1998.

MAPEAMENTO DE EROSÃO POTENCIAL DE ENCOSTAS POR MEIO DE DELINEAMENTO AUTOMÁTICO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

ROBERTO VALMIR DA SILVA[1]
MASATO KOBIYAMA[1]

[1]Programa de Pós-graduação em Eng. Ambiental
Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa Postal 476, Florianópolis – SC, Brasil. CEP 88040-900
roberto@ens.ufsc.br; kobiyama@ens.ufsc.br

SILVA, R. V.; KOBIYAMA, M. Mapeamento de erosão potencial de encostas por meio de delineamento automático do escoamento superficial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.129-143. (CD-ROM)

RESUMO
A produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica ocorre através do impacto das gotas de chuva sobre o solo, do escoamento superficial em encostas, escoamento em canais efêmeros e o escoamento no próprio canal do rio. O escoamento superficial em encostas é o fenômeno responsável pela erosão laminar. A erosão potencial ou a taxa de transporte de sedimento por escoamento superficial pode ser estimada através dos parâmetros de declividade, intensidade da chuva e vazão do escoamento. Com o delineamento automático da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica, utilizando o modelo WADI, a área acumulada de contribuição para cada ponto da malha triangular foi gerada. O método foi aplicado à bacia do Rio Caeté (163,76 km^2), localizada na região de cabeceira do Rio Itajaí do Sul, município de Alfredo Wagner, Santa Catarina, sul do Brasil. Os dados de declividade e área acumulada foram padronizados e somados. O resultado foi divido em três classes (alta, média e baixa) da erosão potencial estimada. O mapeamento da bacia totalizou 14% da área total como alta, 52% como média e 34% como área de baixa erosão potencial.
Palavras-chave: erosão potencial, escoamento superficial, delineação automática, WADI.

POTENTIAL EROSION MAPPING ON HILLSLOPES WITH AUTOMATIC DELINEATION OF OVERLAND FLOW

ABSTRACT
The sediments yield on a watershed occurs by raindrops impact, overland flow on hillslopes, ephemeral channel flow and river channel flow. The overland flow on hillslopes is the phenomenon responsible for laminar erosion. The potential erosion or the sediment transport rate by overland flow can be estimated with the slope gradient, the precipitation intensity and the overland flow discharge. Through the WADI model application, both the delineation of the drainage network and the contribution area were automatically created to each node in the triangular network. This method was applied to the Caeté River watershed (163.76 km^2), Santa Catarina State, southern part of Brazil. The slope gradient and cumulative contribution area data were standardized and summed. The result was divided into three classes (high, middle and low) of the potential erosion. The watershed mapping estimated 14% of total area to high, 52% to middle and 34% to low potential erosion.
Key-words: potential erosion, overland flow, automatic delineation, WADI.

1. INTRODUÇÃO

O processo sedimentológico em uma bacia hidrográfica é caracterizado pelas etapas de (1) produção de sedimentos, (2) transporte de sedimentos e (3) deposição de sedimentos. Localizando espacialmente estas etapas temos as áreas de vertentes e encostas como produtoras de sedimentos, os escoamentos superficiais em encostas e rios de baixa ordem como principais transportadores de sedimentos e rios de alta ordem como locais de deposição de sedimento.

A produção de sedimentos, ou seja, erosão, tem sua origem no impacto das gotas de chuva sobre o solo (*splash erosion*), através do escoamento superficial em encostas (*laminar erosion*), escoamento em canais efêmeros (*gully erosion*) e a erosão no próprio canal do rio (*fluvial erosion*). Segundo FENDRICH (1997) a erosão laminar é de difícil percepção, atuando durante muitos anos sem que percebamos sua atuação. Sua ocorrência pode ser constatada pelo decréscimo de produção de culturas e pelo aparecimento de raízes. De qualquer maneira, a erosão traz a degradação do solo. RENSCHLER (2002) mencionou que o intemperismo, o ciclo hidrológico, a acumulação de matéria orgânica e as ações humanas controlam a formação e a degradação do solo, desta forma o solo reflete os processos naturais e os impactos humanos.

Transporte de sedimentos depende de vários parâmetros: gradiente, litologia, morfologia dos vales e características hidrometeorológicas. Enquanto o gradiente influencia na força gravitacional sobre as partículas, as características litológicas determinam a quantidade e capacidade dos rios em mover mais ou menos sedimentos liberados por vários movimentos de massa (ANTHONY, 1999).

O escoamento superficial é o fenômeno diretamente associado à erosão laminar. Este fenômeno acontece através da saturação do solo (Dunne, 1979) e/ou por superação da intensidade da precipitação sobre a capacidade de infiltração do solo (Horton, 1933). O escoamento superficial pode ser mapeado através da topografia da região. A topografia pode ser representada por meio de malhas regulares ou irregulares. PALACIOS-VÉLEZ e CUEVAS-RENAUD (1986) e JONES, WRIGHT e MAIDMENT (1990) desenvolveram técnicas de delineamento da rede de drenagem (escoamento superficial em encostas e em canais) utilizando malhas triangulares de pontos irregularmente distribuídos (TINs – *Triangular Irregular Networks*).

A deposição de sedimentos no leito do rio diminui sua seção transversal e conseqüentemente sua capacidade de drenagem. Esta deposição intensifica e aumenta os prejuízos sociais e materiais causados por outro desastre natural (inundações). Os próprios sedimentos somados à força da água durante o escoamento geram um escoamento de lama (*muddy flow*). Estes escoamentos são comuns em solos nus ou com cultivos. BOARDMANA, EVANS e FORD (2003) estudaram os efeitos causados por *muddy flows* na região de *South Down*, Inglaterra, de 1976 a 2001.

SIDLE et al (2004) classificaram os desastres naturais em episódicos ou crônicos. Desastres episódicos tais como, terremotos, erupções vulcânicas, furacões, enchentes e escoamentos de detritos atraem mais atenção por causa de suas magnitudes e impactos em

curtos intervalos de tempo. Desastres crônicos proporcionam danos ambientais consideráveis em longos intervalos de tempo. Como desastres crônicos temos a erosão superficial, a variação da maré e certos tipos de movimento de massa. GATES, SHERMAN e NORDSTROM (1994) mencionaram que ao contrário de muitos desastres naturais, não há perdas de vida diretamente associadas à erosão do solo. Esta possui uma distribuição ampla, altos custos de remediação, alto potencial para deterioração do solo e redução na produção de alimentos.

Este trabalho teve como objetivo mapear as áreas de erosão potencial em encostas (erosão laminar por escoamento superficial) através da sobreposição de mapas de declividade e área acumulada de contribuição em encostas, esta última calculada por meio do delineamento automático da rede de drenagem.

2. EROSÃO POTENCIAL

Segundo JULIEN (1998), a taxa de transporte de sedimento por escoamento laminar é função da geometria, vazão e parâmetros do solo.

$$q_t = f\left(S_0, q, i, X_r \rho, \nu, \frac{\tau_c}{\tau_0}\right) \quad (1)$$

Na qual q_t é a taxa de transporte de sedimento por unidade de comprimento, S_0 é a declividade do trecho, q é a vazão hídrica, i é a intensidade da chuva, X_r é o comprimento do trecho, ρ é a densidade de massa do fluido, υ é a viscosidade cinemática do fluido, τ_c e τ_0 são, respectivamente, a tensão de cisalhamento crítica e aplicada.

Escrevendo a equação sob a forma de seus cinco parâmetros adimensionais temos:

$$\frac{q_t}{\rho \nu} = f\left(S_0, \frac{q}{\nu}, \frac{iX_r}{\nu}, \frac{\tau_c}{\tau_0}\right) \quad (2)$$

Através de estudos em laboratório e do entendimento dos processos físicos envolvidos, a taxa de transporte de sedimento em escoamento laminar é proporcional ao produto das potências dos parâmetros adimensionais:

$$\left(\frac{q_t}{\rho \nu}\right) = e_1 S_0^{\,e_2} \left(\frac{q}{\nu}\right)^{e_3} \left(\frac{iX_r}{\nu}\right)^{e_4} \left(1 - \frac{\tau_c}{\tau_0}\right)^{e_5} \quad (3)$$

Na qual e_1, e_2, e_3, e_4 e e_5 são coeficientes determinados em laboratório ou estudos em campo (JULIEN, 1998).

Os parâmetros (S_0, q, i) da equação (3) representam a erosão potencial ou capacidade de transporte de sedimento por escoamento superficial (*sheet flow*). Nas

condições para (1) $\tau_0 >> \tau_c$ em X_r e υ constantes e (2) para profundidades de escoamento maiores do que três vezes o diâmetro da gota de chuva, a erosão potencial pode ser estimada como:

$$q_t = e_1 S_0^{e_2} q^{e_3} \tag{4}$$

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Implementação do Modelo WADI

Um modelo matemático denominado WADI (*WAtersheD Investigation*) foi desenvolvido para delinear automaticamente a rede de drenagem a partir de uma superfície topográfica.

O modelo foi implementado em cinco rotinas: (1) Algoritmo de importação de pontos e curvas de nível de arquivo DXF (*Drawing Interchange Format*), (2) algoritmo de triangulação, (3) algoritmo de adequação da triangulação às curvas de nível, (4) algoritmo de correção de regiões planas e (5) algoritmo de extração da rede de drenagem.

3.1.1. Algoritmo de importação de pontos e curvas de nível de arquivo DXF

Este algoritmo extrai de um arquivo em formato DXF, contendo as curvas de nível de uma região, os pontos (x, y, z) e grava-os em um arquivo temporário. As curvas de nível também são armazenadas em um arquivo temporário. A Figura 1 mostra um exemplo de curvas de nível e malha de pontos importados.

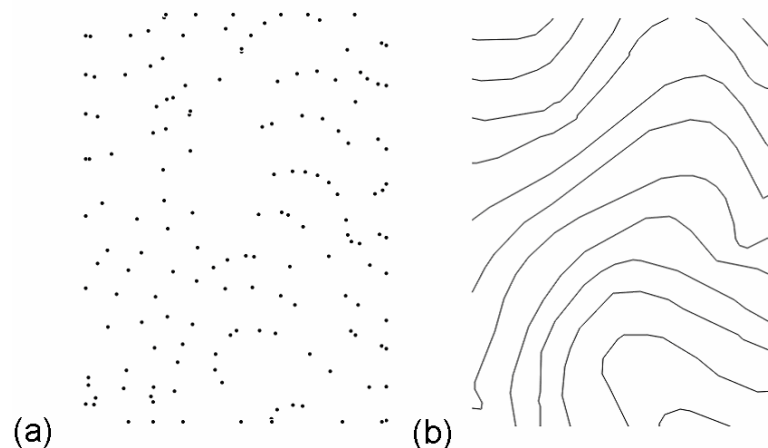



Figura 1. Importação do arquivo DXF. (a) Pontos (x, y, z) importados. (b) Curvas de nível importadas.

3.1.2. Algoritmo de triangulação

Para discretização da superfície topográfica, isto é, a geração do modelo digital do terreno (DTM), foi necessária a implementação de um algoritmo de triangulação. Existem vários algoritmos de triangulação baseados ou não no critério de *Delaunay*. O algorítmo implementado foi uma adaptação do algoritmo apresentado por CHONG-WEI e TIAN-YUAN (1998), chamado SLOAN97 que é um melhoramento do algoritmo apresentado originalmente por SLOAN (1987). Este algoritmo realiza uma triangulação não limitada, no qual o único fator que influencia na triangulação é a distância entre os pontos. A Figura 2 mostra a triangulação realizada sobre os pontos importados e o modelo digital do terreno (MDT).

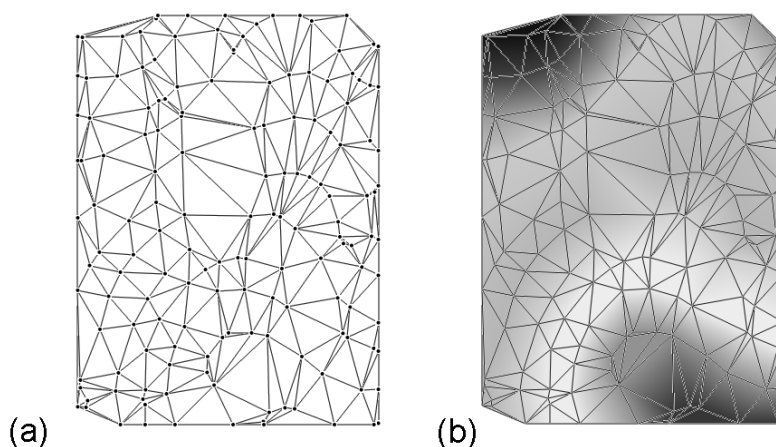



Figura 2. Triangulação dos pontos. (a) Malha gerada. (b) DTM.

3.1.3. Algoritmo de adequação da triangulação às curvas de nível

As curvas de nível ligam pontos com mesma altura ou cota. Como o DTM é derivado destas linhas, as arestas dos triângulos formados não podem atravessar as linhas das curvas de nível, quando isto ocorre, ocasiona em uma representação inválida da superfície. A Figura 3(a) mostra um exemplo deste tipo de erro.

O algoritmo de correção implementado executa os procedimentos: (1) Verifica quais arestas dos triângulos da triangulação pertencem ou não às curvas de nível; (2) das arestas que não pertencem, verifica quais ligam pontos com diferença de cota superior à distância entre as curvas de nível; e (3) caso a distância seja maior o algoritmo executa uma função chamada swap (Figura 4(a)). Esta função troca a aresta comum a dois triângulos. Além destes procedimentos o algoritmo verifica quais linhas das curvas de nível não coincidem com arestas. Destas linhas, verifica quais arestas de triângulos as

interceptam. Caso haja intersecção executa a função *swat*. A Figura 3(b) mostra a correção das arestas.

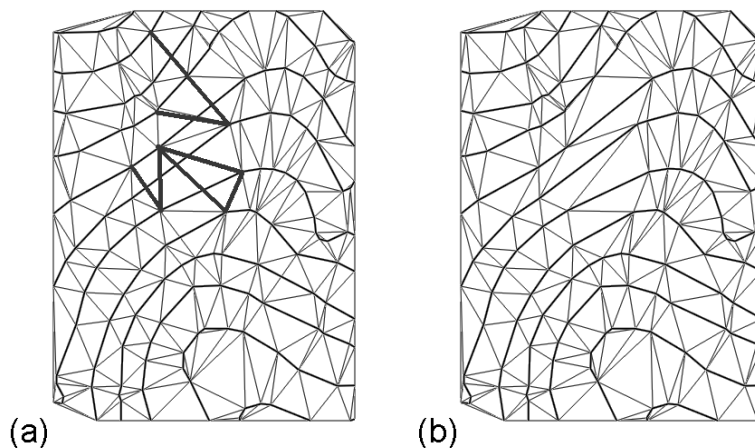



Figura 3. Adequação da triangulação. (a) Arestas que cruzam as curvas de nível. (b) Arestas corrigidas.

3.1.4. Algoritmo de correção de regiões planas

O algoritmo realiza os seguintes procedimentos: (1) Identifica as regiões planas (conjunto de triângulos planos consecutivos) e as armazena em uma lista; e (2) para cada triângulo plano a rotina procura um triângulo consecutivo não plano. Caso o encontre, executa a função *swat* entre estes dois triângulos. Quando o somatório dos ângulos formados pelas arestas dos dois triângulos soma menos do que 360º a rotina executa a função *swat_inset_point*. O ponto inserido tem sua cota determinada pela interpolação dos pontos vizinhos (distância inversa). O procedimento desta função é ilustrado na Figura 4(b). Este algoritmo, assim como as duas funções de troca de arestas, são baseados na metodologia apresentada por WARE (1998). Uma metodologia semelhante foi empregada por GUERCIO e SOCCODATO (1996). A Figura 5(a) mostra regiões planas em uma triangulação e 5(b) a correção destas regiões.

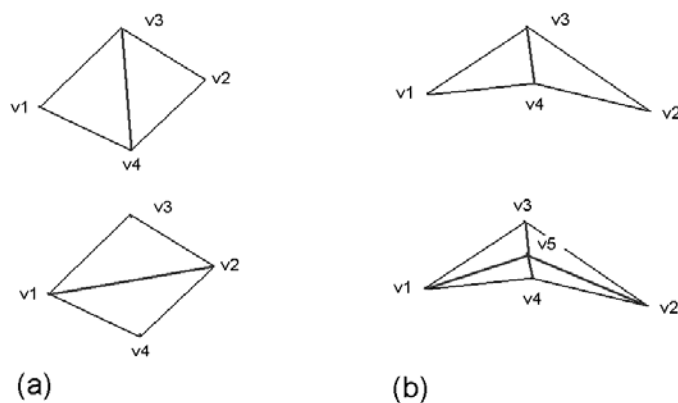



Figura 4. Funções de correção da triangulação. (a) Função *swat*. (b) Função *swat_inset_point*.

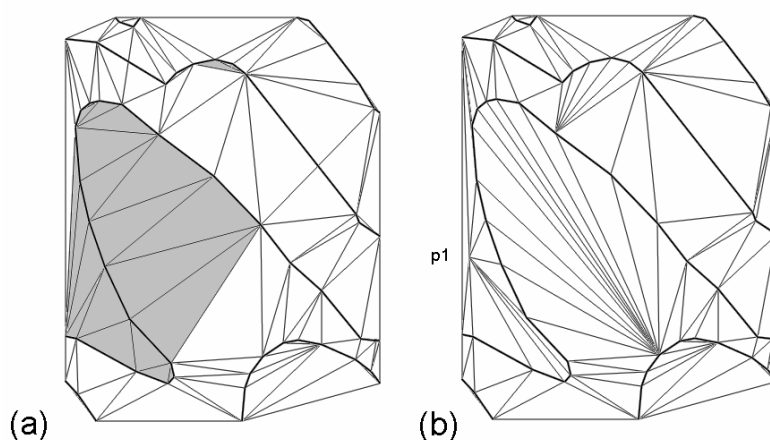



Figura 5. Correção de regiões planas. (a) Identificação de regiões planas. (b) Correção das regiões planas (inserção de um novo ponto p1).

3.1.5 Algoritmo de delineamento da rede de drenagem

O algoritmo de delineamento da rede de drenagem é baseado na metodologia apresentada por PALACIOS-VÉLEZ e CUEVAS-RENAUD (1986) e JONES, WRIGHT e MAIDMENT (1990). Esta metodologia encontra um vetor que representa a máxima inclinação de um plano. Dada a equação do plano

$$A \cdot x + B \cdot y + C \cdot z + D = 0 \tag{5}$$

extraímos o vetor normal

$$\vec{n} = A \cdot i + B \cdot j + C \cdot k \tag{6}$$

e por produto misto achamos o vetor que possui a máxima declividade do plano:

$$\vec{v} = A \cdot i + \cdot B \cdot j - \left(\frac{A^2 + B^2}{C} \right) \cdot k \tag{7}$$

Para cada triângulo da malha é calculado o vetor de máxima declividade. Desta forma, saindo de cada centróide de triângulo temos linhas que representam a direção do escoamento superficial. As linhas de fluxo sobre arestas são consideradas canais e as sobre faces dos triângulos são consideradas escoamentos em superfície. A Figura 6(a) mostra a extração da rede de drenagem de uma superfície topográfica em duas dimensões e 6(b) em três dimensões.

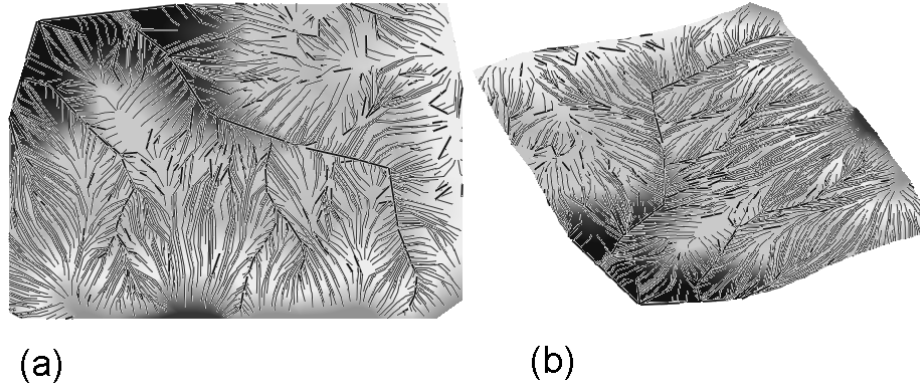



Figura 6. Rede de drenagem extraída de uma superfície topográfica. (a) Duas dimensões. (b) Três dimensões.

3.2. Determinação das declividades

A declividade em graus de cada triângulo da malha é computada através da equação (8).

$$\theta = \frac{\arccos\left(\frac{|C|}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}\right) \cdot 180}{\pi} \tag{8}$$

na qual A, B e C são os coeficientes da equação do plano ao qual o triângulo pertence. Os valores das declividades para cada vértice são interpolados através da média ponderada pela distância inversa. Portanto, obtemos:

$$Z_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} Z_i \frac{1}{d_{ij}}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_{ij}}} \tag{9}$$

na qual Z_j é a declividade do ponto *i* a ser interpolado, Z_i é a declividade do triângulo, d_{ij} é a distância entre o ponto *i* e o centróide do triângulo e *n* é o número de triângulos com o ponto *i* em comum.

3.3. Determinação das áreas acumuladas de contribuição

As áreas acumuladas de contribuição são derivadas a partir das linhas de fluxo. Para cada triângulo da malha são contabilizadas as linhas de fluxo que por ele passam (apenas as linhas que passam sobre a face, não pela aresta) e somados os valores das áreas dos triângulos que iniciaram aquelas linhas. Desta forma, para cada centróide de triângulo temos valores de áreas acumulas planas. A extrapolação para os vértices é realizada da mesma forma como as declividades, Equação (9).

3.4. Mapeamento da erosão potencial

A erosão potencial é função da declividade e da vazão do escoamento superficial (Equação (4)). Sendo assim, estabelecemos o mapeamento das áreas de erosão através da soma dos valores de declividade e área acumulada de cada ponto integrante da malha. Antes da soma, os valores de declividade em graus e área acumulada em m^2 foram padronizados de acordo com uma distribuição normal de probabilidade, ou seja,

$$Z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \qquad (10)$$

na qual Z_i é a variável padronizada, x_i é o valor original da variável, $\bar{x}$ é a média e σ é o desvio padrão do conjunto de valores.

4. ÁREA DE APLICAÇÃO

A bacia do Rio Caeté está localizada na região de cabeceira do Rio Itajaí do Sul, município de Alfredo Wagner, Santa Catarina, sul do Brasil. A bacia possui área de 163,76 km^2 com altitudes variando de 400 a 1700m (CHECCHIA et al., 2004). O principal rio da bacia, Rio Caeté é formado pelos rios Perito e Santo Anjo com nascentes em altitudes de 1140m e 1600m, respectivamente (Figuras 7 e 8). Os solos predominantes nesta bacia são em sua maioria Cambissolo Bruno Húmico Álico, Podzólico Vermelho Amarelo, Podzólico Bruno Acinzentado, Litólico e Aluvial com domínio quase absoluto de horizonte B incipiente (cambissolos). A cobertura vegetal da bacia é composta por matas nativas, pastagens, solos expostos e cultivos.

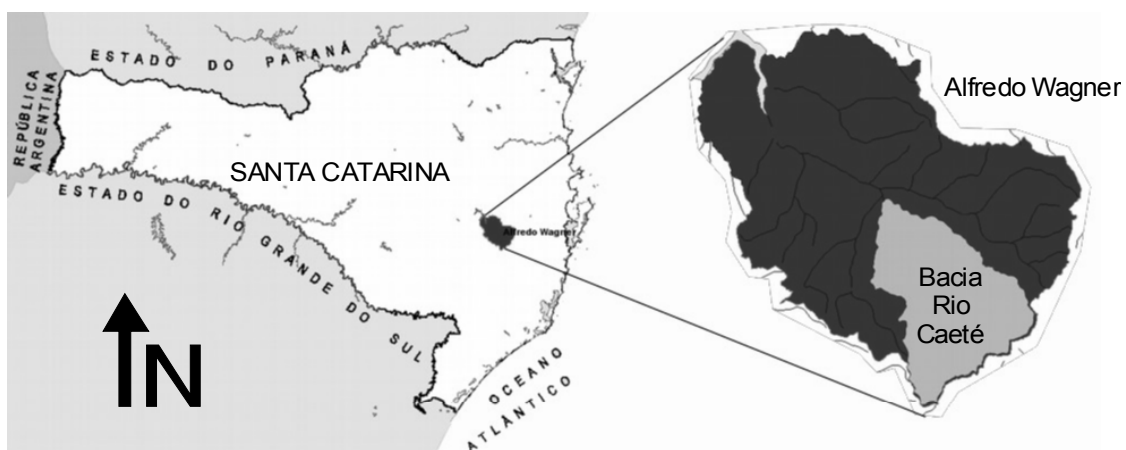



Figura 7. Localização da bacia do Rio Caeté.

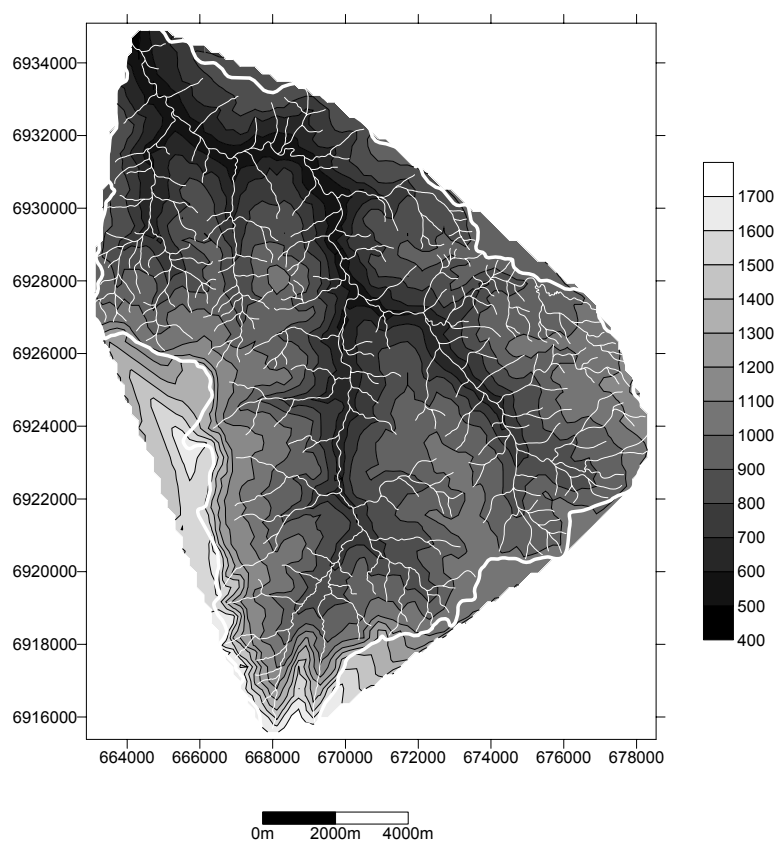



Figura 8. Altimetria da bacia do Rio Caeté e rede hidrográfica.

5. RESULTADOS

Foi gerado um mapa de declividades que variaram entre 0° e 80°. Notamos que as regiões mais declivosas são as encostas ao longo dos rios principais e a região próxima à divisa sul e sudeste da bacia (Figura 9).

O delineamento automático da rede de drenagem foi aplicado (Figura 10) e originou na distribuição das áreas de contribuição acumuladas (Figura 11). Novamente as

regiões com maior área acumulada foram as próximas aos rios principais e as menores foram as regiões de topo de morros. Os valores variaram de 0 a 40.000 m^2 de área plana.

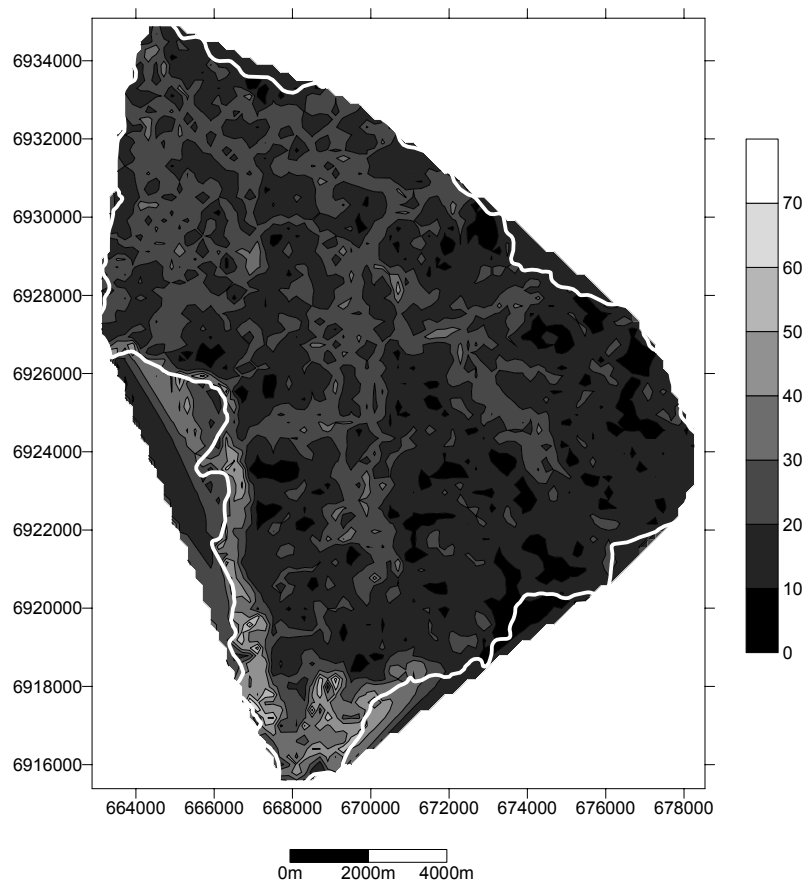



Figura 9. Declividades em graus da bacia do Rio Caeté.

De posse das declividades e áreas acumuladas para cada ponto da malha, realizamos a padronização das variáveis e a soma dos valores. A Figura 12 mostra a distribuição desta soma. Observamos que esta distribuição de freqüência apresentou um comportamento próximo a uma distribuição normal. A distribuição foi dividida em três intervalos de valores: Baixa, correspondente a 25% dos valores inferiores (valores < -0,84), média, 50% dos valores intermediários (-0,84 ≤ valores ≤ 1,00) e alta, 25% dos valores mais altos (valores > 1,00). O mapeamento destes intervalos (classes) é mostrado na Figura 13.

O mapeamento da bacia totalizou uma área de 168,71 km^2, desta área 23,47 km^2 (14%) foram classificadas como alta, 87,75 km^2 (52%) como média e 57,49 km^2 (34%) como áreas de baixa erosão potencial.

Na sobreposição dos mapas, isto é, na soma dos valores padronizados de declividades e áreas de contribuição não foram utilizados pesos. Cada parâmetro teve a mesma contribuição para o resultado final.

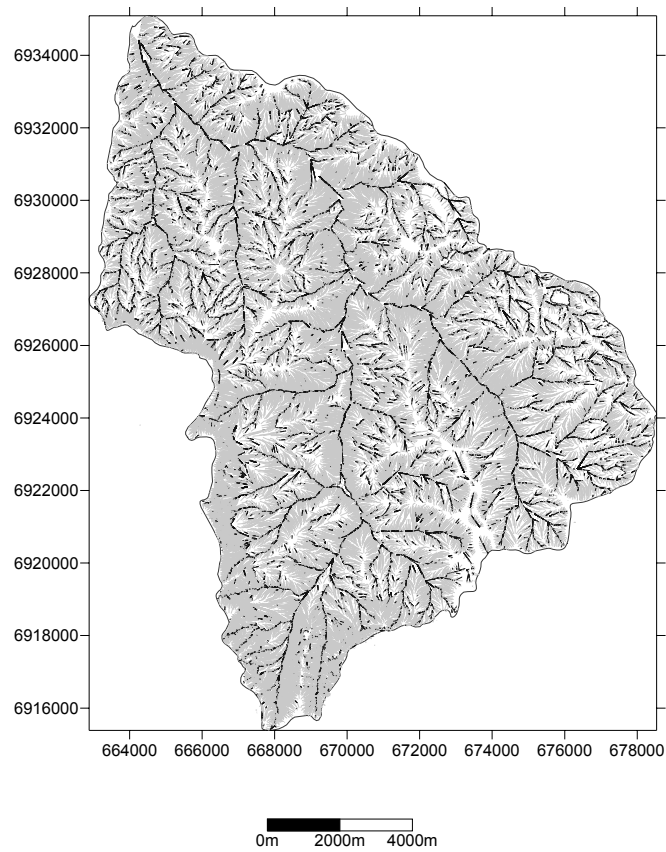



Figura 10. Rede de drenagem delineada automaticamente.

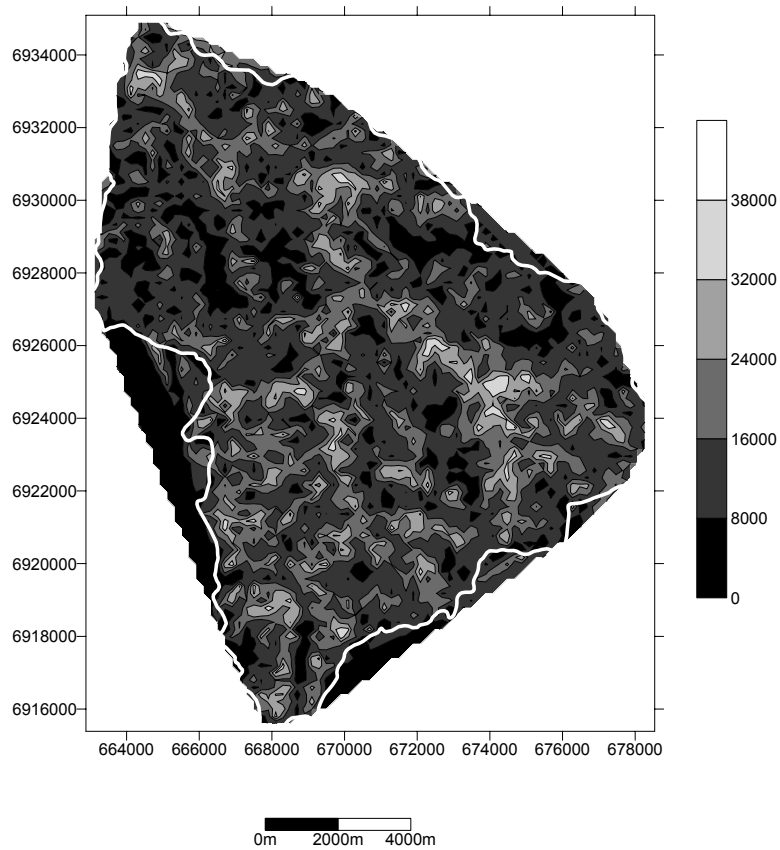



Figura 11. Áreas acumuladas nas encostas em m^2.

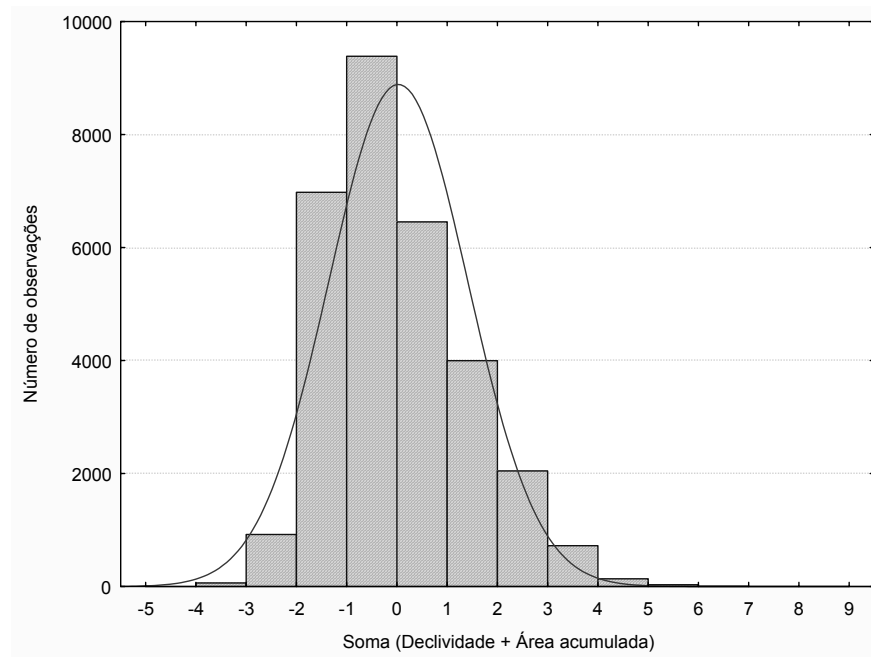



Figura 12. Distribuição de freqüência da declividade mais área acumulada.

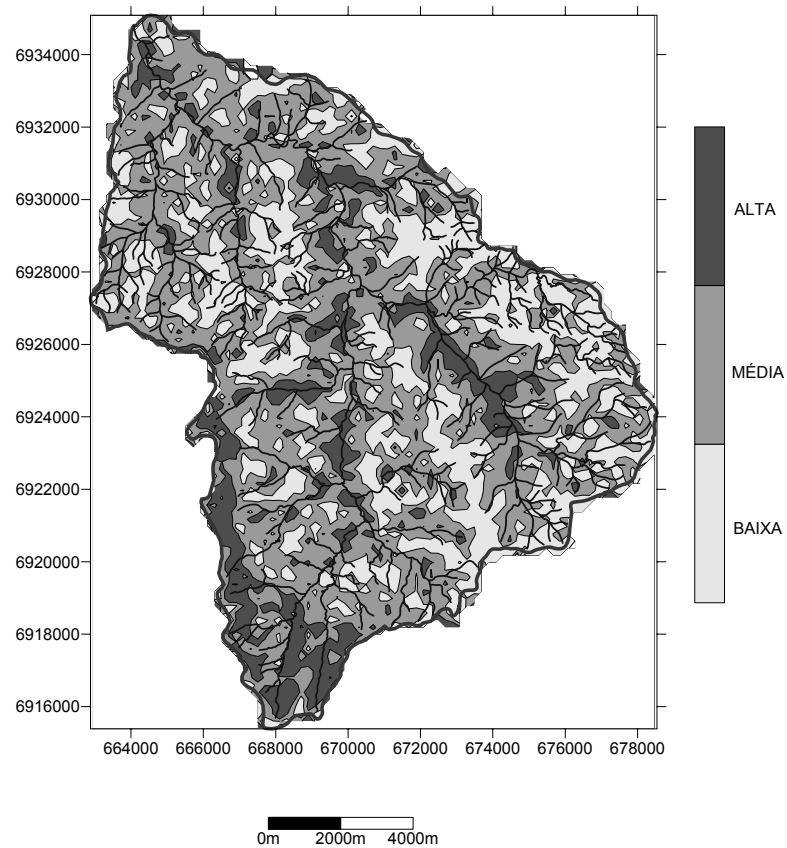



Figura 13. Distribuição da erosão potencial.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A extração das áreas de contribuição acumuladas nas encostas com o delineamento automático da rede de drenagem mostrou-nos ser satisfatória. A diferenciação adotada no

modelo para escoamentos em canais e em encostas gerou algumas condições que não encontramos na natureza. Estas condições foram descontinuidades dos trechos dos rios principais ao longo de seus cursos e na junção de canais tributários aos canais principais. Estes problemas acarretaram, na metodologia de extração das áreas de contribuição, em grandes áreas (vazões) sobre faces de triângulos (encostas). Estas grandes vazões são naturalmente correspondentes a trechos de canais e não de encostas. Isto foi corrigido posteriormente através da extração dos valores extremos destas áreas (valores que superam 1,5 vez a distância correspondente a 50% dos dados em torno da média).

Baseamos o mapeamento da bacia na classificação dos dados em três classes (alta, média e baixa) de erosão potencial. Por sua vez, as classes foram obtidas por porcentagens da distribuição de freqüência dos valores. Esta metodologia deve ser revista para que a divisão de classes seja feita em função de valores quantitativos de produção de sedimentos permitindo a comparação entre diferentes bacias.

Uma análise da equação (4) deverá ser realizada para identificarmos a contribuição de cada parâmetro (q, S_0) na produção de sedimentos (q_t). Estas contribuições serão transformadas em pesos nos valores padronizados.

Estudos futuros poderão ser realizados com a finalidade de incorporar ao procedimento de cálculo o tipo de solo e o uso do solo. Desta forma, os coeficientes da equação (4) poderão ser estimados e um mapeamento das descargas de sedimentos poderá ser realizado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTHONY, E.J.; JULIAN, M. Source-to-sink sediment transfers, environmental engineering and hazard mitigation in the steep Var River catchment, French Riviera, southeastern France. **Geomorphology**, v. 31, p. 337 – 354, 1999.

BEVEN, K.J. **Rainfall-runoff modeling: The primer**. New York: John Wiley & Sons, 2001. 360p.

BOARDMANA, J; EVANS, R.; FORD, J. Muddy floods on the South Downs, southern England: problem and responses. **Environmental Science & Policy**, v. 6, p. 69–83, 2003.

CHECCHIA, T.; KOBIYAMA, M.; SILVA, R.V.; ALVES, A. Análise preliminar da evolução dos deslizamentos no valo do rio Caeté, Alfredo Wagner, SC In: Simpósio Nacional de Geomorfologia (5: 2004: Santa Maria) Santa Maria: UFSM, **Anais**, 2004. CDrom

CHONG-WEI, H.; TIAN-YUAN, S. Improvements on Sloan's algorithm for constructing delaunay triangulations. **Computers & Geosciences**, Amsterdam, v. 24, n. 2, p. 193-196, 1998.

DUNNE, T. Field studies of hillslope flow processes. In: KIRKBY, M. (ed.). **Hillslope Hydrology**. New York: John Wiley & Sons, Ltd., 1979. p. 227 - 293.

FENDRICH, R. Tipos de erosão hídrica. In: FENDRICH, R et al. **Drenagem e Controle da Erosão Urbana**. Curitiba. Champagnat, 1997. p. 32 – 40.

GATES, P. A.;SHERMAN, D. J.; NORDSTROM, K. F. Geomorphology and natural hazards. **Geomorphology**, v. 10, p. 1-18, 1994.

GUERCIO, R.; SOCCODATO, F. M. GIS procedure for automatic extraction of geomorphological attributes from TIN-DTM. In: **Hydrogis 96: application of geographic information systems in hydrology and water resources management**, Paris: IAHS, 1996. p. 175-182. (IAHS Publ. n. 235).

HORTON, R. E. The role of infiltration in the hydrologic cycle. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 14, p. 446 – 460, 1933.

JONES, N. L.; WRIGHT, S. G.; MAIDMENT, D. R. Watershed delineation with triangle-based terrain models. **Journal of Hydraulic Engineering**, v. 116, n. 10, p. 1232-1250, 1990.

JULIEN, P.Y. **Erosion and Sedimentation**. New York: Cambridge University Press, 1998. 280p.

MONTGOMERY, D.R.; FOUFOULA-GEORGIOU, E. Channel nerwork source representation using digital elevation models. **Water Resources Research**, Washington, v. 29, p. 3952-3934, 1993.

PALACIOS-VÉLEZ, O. L.; CUEVAS-RENAUD, B. Automated river-course, ridge and basin delineation from digital elevation data. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 86, p. 299-314, 1986.

RENSCHLER, C. S.; HARBOR, J. Soil erosion assessment tools from point to regional scales - the role of geomorphologists in land management research and implementation. **Geomorphology**, v. 47, p. 189 – 209, 2002.

SIDLE, R.C. et al. Interactions of natural hazards and society in Austral-Asia: evidence in past and recent records. **Quaternary International**, v.118–119, p.181–203, 2004.

SLOAN, S. W. A fast algorithm for constructing Delaunay triangulations in the plane. **Advances in Engineering Software and Workstations**, v. 9, n. 1, p. 34 – 55, 1987.

WARE, J. M. A procedure for automatically correcting invalid flat triangles occurring in triangulated contour data. **Computers & Geosciences**, Amsterdam, v. 24, n. 2, p. 141-150, 1998.

ERODIBILIDADE DOS SOLOS RESIDUAIS DE GRANITO DO MUNICÍPIO DE TUBARÃO

RAFAEL REIS HIGASHI[1]
REGINA DAVISON DIAS[1]

[1]Departamento de Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC
rrhigashi@uol.com.br; reginadavison@unisul.br

HIGASHI, R. R.; DIAS, R. D. Erodibilidade dos solos residuais de granito do município de Tubarão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 144-158. (CD-ROM)

Resumo: O município de Tubarão, situado no estado de Santa Catarina, está localizado em áreas de cotas baixas, cercado por elevações graníticas pouco desenvolvidas e é predominantemente constituído por solos do tipo Glei e Orgânico. O centro urbano da cidade é atravessado pelo rio Tubarão, que atualmente vem sofrendo graves problemas relacionados ao assoreamento de seu leito, o que poderia ocasionar a inundação da cidade devido ao extravasamento de seu curso d'água. Este trabalho visa a avaliação da erodibilidade dos solos residuais de granito dos arredores e centro da mancha urbana, ensaiando o horizonte C dos solos pertencentes a bacia do rio Tubarão. O trabalho fundamenta-se em um Critério de Erodibilidade, onde os ensaios de Infiltrabilidade e Perda de Massa por Imersão possibilitaram a geração de resultados que indicam a propensão dos solos à erosão.
Palavras-Chave: Erodibilidade, Perda de massa por imersão, Infiltrabilidade.

ERODIBILITY OF RESIDUAL SOILS OF GRANITE FROM TUBARÃO COUNTY

Abstract: Tubarão county, located in Santa Catarina state, in the southern part of Brazil, is localized in areas of plain, mostly constituted by Glei and Organic soils, surrounded by granitic elevations. The county is crossed by the Tubarão river, that is suffering serious problems related to the filling of its bottom, what can cause flood due the extravasation of its volume. This work aims to evaluate the erodibility of the residual soils of granite of the urban spot and its outskirts, testing the C horizon of the soils that compose the Tubarão River Basin. The work is based in a erodibility criterion composed by the infiltrability and loss of mass by immersion, that enabled the results that indicate the disposition of the soils to erosion.
Key-Words: Erodibility, Loss of mass by immersion, Infiltrability.

1. INTRODUÇÃO

Associado ao crescimento demográfico e às melhorias nos índices de qualidade de vida está o elevado consumo de água. Nos dias de hoje, em vários setores urbanos, rural e industrial, tem sido observada a indisponibilidade deste recurso.

O rio Tubarão, que corta o centro urbano do município de mesmo nome, assume importante papel dentro deste contexto em sua região, devido à sua importância ambiental e econômica pelo fato de abastecer a população e servir de irrigação à produção de arroz.

O assoreamento e a turbidez do rio Tubarão são problemas que vêm preocupando a sociedade local e dificulta a captação da água para o abastecimento da população.

Este fato está diretamente ligado à erodibilidade dos solos presentes na região. Devido à expansão do centro urbano, áreas antes protegidas por cobertura vegetal apresentam-se vulneráveis à ação dos agentes erosivos, que somado ao fato de que esses solos apresentaram horizonte C granular, aumenta a probabilidade de serem solos erodíveis.

O principal objetivo desta pesquisa é analisar a erodibilidade dos solos do município de tubarão relacionando os dados obtidos aos problemas de assoreamento e turbidez.

A partir do método descrito por Nogami e Villibor, (1985) realizaram-se os ensaios de infiltrabilidade e perda de massa por imersão, com intuito de se criar uma estimativa da erodibilidade dos solos residuais de granito.

2. Caracterização da Área de Estudo

O município de Tubarão está localizado na região Sul do estado de Santa Catarina. Com aproximadamente 90.000 habitantes, distribuídos em uma área de 313 km², onde 277 km² pertencem a área rural e 36 km² a área urbana, que possui a maior parcela populacional.

Uma grande característica do município é a sua planície sedimentar de formação recente, sendo que as elevações existentes correspondem a rochedos ilhados.

Os grupos geológicos com maior incidência na localidade são a Suíte Intrusiva Tabuleiro, sedimentos síltico-arenosos de lagunas e baias e os Sedimentos argilo-arenosos contendo matéria orgânica de origem fluvio lagunar.

A litologia de maior ocorrência próximo e radialmente á área urbana do município é o granito.

O granito encontrado nos arredores apresenta-se em diferentes granulometrias, indo dos mais granulares aos mais argilosos.

Abordando também de uma forma abrangente a pedologia local, levando-se em consideração os limites políticos da localidade, o solo Podzólico Vermelho-Amarelo é

predominante na região, fazendo parte de 55% da área. Apesar deste dado, outros tipos de solos característicos também são encontrados como: a ocorrência de solo do tipo Cambissolo (com um perfil pouco profundo) ao longo do leito do rio Tubarão, e solos do tipo Glei e Orgânico com maior incidência na mancha urbana.

É importante ressaltar que a área estudada se refere às áreas ainda não ocupadas pela mancha urbana, considerados vazios urbanos, e áreas radiais, potenciais zonas de expansão do centro urbano.

3. Problemas Relativos a Erodibilidade no Município de Tubarão

A erosão resulta de um conjunto de ações de desgaste do relevo que modelam a paisagem, sendo potencializada pela retirada da cobertura vegetal natural, acelerando o processo de desgaste do relevo.

Muitos são os fatores que influenciam na resistência do solo a erosão: estrutura, estratificação, permeabilidade, teor de umidade, textura, composição, tipo e extensão da cobertura e declividade do terreno.

A preservação ambiental é o ponto chave nas questões abordadas pelos problemas de erodibilidade. Mesmo com a existência de rigorosas legislações ambientais, o que se observa na prática são constantes agressões ao meio, sendo a retirada da mata ciliar uma das principais, o que possibilita a potencialização dos processos erosivos.

Uma grande problemática do município de Tubarão é o crescimento acelerado de seu centro urbano, causando problemas de estabilidade de encostas, onde a ocupação não respeita critérios geotécnicos, em muitas vezes expandindo para taludes já degradados pelo uso rural, em avançados processos de erosão.

O desmatamento de forma indiscriminada deixa o solo desprotegido, possibilitando o carreamento de partículas pela chuva, aumentando assim a turbidez dos rios e o seu assoreamento.

O preenchimento das calhas naturais dos rios, reduz a seção geométrica, fazendo com que as calhas não suportem grandes volumes de água, o que acarreta no extravasamento de água pelas suas margens.

O município de Tubarão tem sua historia marcada por uma grande enchente que ocorreu no ano de 1974. Após este evento algumas mudanças em relação ao rio foram tomadas, tornando-se necessária a retificação do rio para que o escoamento seja mais rápido. Constantes dragagens são realizadas nos pontos de maior necessidade (onde o

assoreamento é maior), e a revegetação constante dos taludes que compõem as margens do rio tentam reduzir a erodibilidade.

4. Metodologia

A metodologia empregada neste trabalho baseia-se no trabalho realizado por Nogami e Vilibor (1985). Segundo os autores o método ideal para a determinação da erodibilidade deve levar em consideração a taxa de infiltração da água através do interior dos solos, e o efeito da perda de partículas de solo sob inundação, sendo que para estes ensaios torna-se necessário o uso de amostras indeformadas, ou seja, nas mesmas condições de campo.

O critério de erodibilidade estudado nesta pesquisa baseia-se nesta metodologia, e analisa o solo através de dois parâmetros: a infiltrabilidade e a perda de massa por imersão.

4.1. Ensaio de Infiltrabilidade

Consiste em conter a amostra indeformada (em um tubo de amostragem) a um fluxo ascendente por ascensão capilar. A velocidade da infiltração é medida através do fluxo da água através do tubo capilar na horizontal, que é posicionado no mesmo nível da base do cilindro, sendo que as leituras são feitas em tempos pré-estabelecidos.

Um gráfico (tempo x leitura do menisco) é desenvolvido, e a partir dele é determinado o coeficiente de sorção (s), que representa a inclinação inicial da reta formada.

A figura 01 apresenta o equipamento de infiltrabilidade (sucção) do solo.

Figura 01. Ensaio de infiltrabilidade.

4.2. Ensaio de Perda de Massa por Imersão (PI)

O ensaio de perda de massa por imersão incia-se com a coleta de amostras indeformadas, que são confinadas em um tubo de 5cm de diâmetro. O tubo é colocado imerso em água por um período de 20 horas, observando-se a quantidade de solo desprendido do corpo de prova.

O percentual de perda de solo seco em massa em relação ao peso total da amostra representa a perda de massa por imersão ou erodibilidade específica.

A figura 02 apresenta o ensaio de perda de massa em andamento para os solos residuais de granito da área de estudo.

Figura 02. Ensaio de Perda de massa por imersão.

O critério de erodibilidade baseia-se na relação entre perda de massa por imersão e o coeficiente de sorção (PI/s), onde valores correspondentes acima de 52 são considerados erodíveis.

5. Localização dos Pontos de Amostragem

Os pontos de amostragem dos solos seguiram alguns critérios pré-determinados.

Foram coletadas apenas amostras referentes aos solos residuais de granito, em locais de potencial expansão do centro urbano.

As amostras foram coletadas levando-se em consideração o mapa de estimativas de unidades geotécnicas desenvolvido por Higashi e Davison Dias (2003). O mapa geotécnico pode ser observado na figura 03.

Figura 03. Mapa geotécnico do município de Tubarão.

Com base neste mapa, foram coletadas amostras nos horizontes C de Cambissolos e Podzólicos Vermelho-Amarelos.

A figura 04 apresenta o mapa de coleta de amostras indeformadas para os ensaios da metodologia MCT.

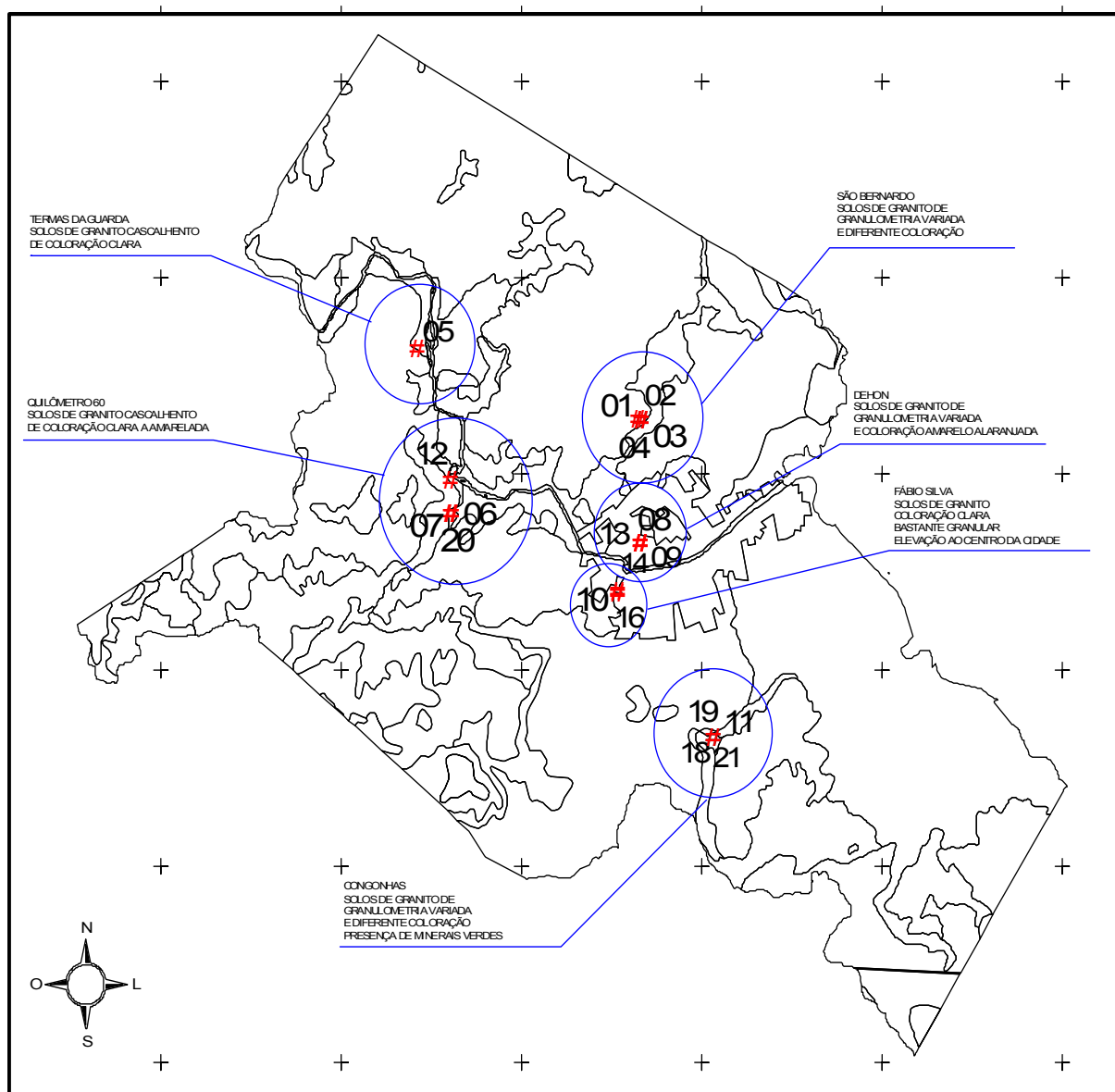



Figura 04. Mapa de coleta de amostras.

Não foram retiradas amostras em áreas de grande densificação populacional. Apenas as áreas de expansão foram avaliadas, objetivando ao planejamento de ocupação destas novas unidades de solos.

6. Resultados e Discussão

Para se obter melhores dados, as análises das amostras coletadas no município de Tubarão foram realizadas de forma generalizada, possibilitando o diagnóstico global dos solos da localidade.

6.1. Mostras Ensaiadas na Umidade Natural

Nesta etapa da pesquisa foram coletadas amostras de solos indeformadas, e imediatamente ensaiadas, ou seja, em sua umidade natural de campo.

A maioria destes solos apresentou comportamento relativo ao coeficiente de sorção baixo.

O gráfico da figura 05 apresenta o comportamento dos solos em seu estado natural.

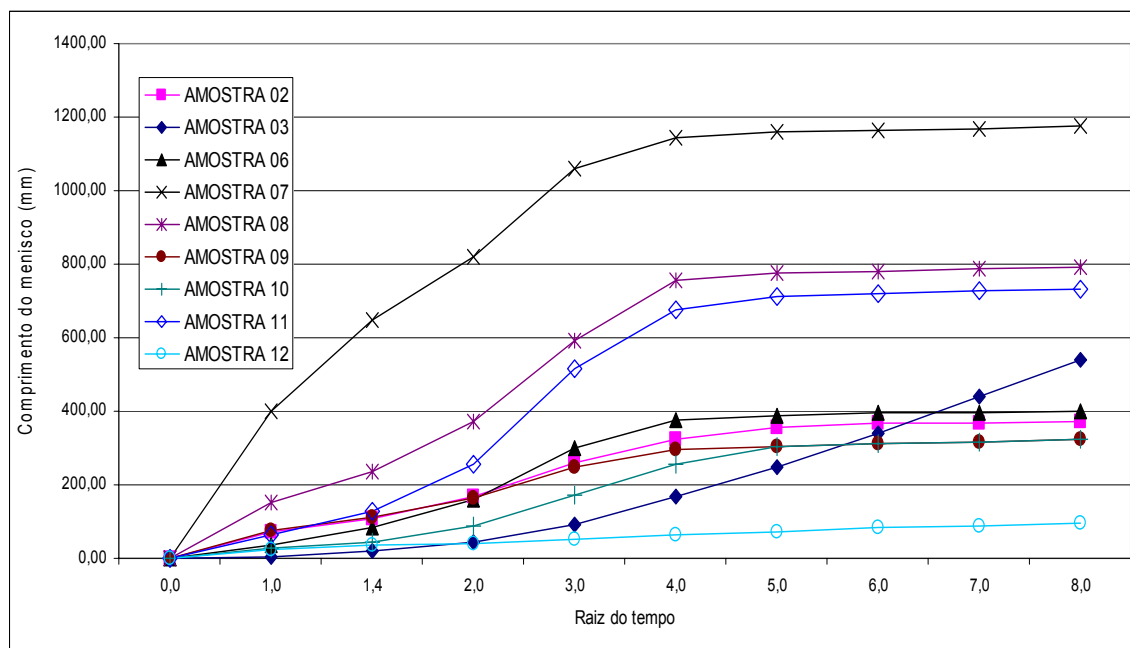



Figura 05. Gráfico do comprimento do menisco capilar x raiz do tempo em amostras em seu teor de umidade natural.

A amostra de solo 07 residual de granito foi a única a apresentar comportamento diferenciado das demais. Este solo apresentou elevado coeficiente de sorção, diferente dos demais solos ensaiados. As amostras foram coletadas de solos localizados em zona de expansão urbana, no bairro Quilômetro 60.

Este tipo de solo é bastante granular, apresentando bastante quartzo em seu horizonte C pouco intemperizado, como observado na figura 06.

Figura 06. Solo residual de granito do bairro Quilômetro 60.

Os coeficientes de sorção (s) determinados a partir dos ensaios de infiltrabilidade de amostras na umidade natural estão apresentados na tabela 01.

Tabela 01. Coeficientes de sorção dos solos na umidade natural.

Amostras na umidade natural	s
02	0,16
03	0,06
06	0,20
07	0,68
08	0,36
09	0,14
10	0,09
11	0,31
12	0,03

Os ensaios de perda de massa por imersão foram realizados nas mesmas amostras de solos coletadas para os ensaios de infiltrabilidade.

Os valores de perda de massa por imersão estão expressos na tabela 02.

Tabela 02. Valores de perda de massa por imersão dos solos na umidade natural.

Amostras na umidade natural	PI (%)
02	11,11
03	41,84
06	6,25
07	0,54
08	13,72
09	1,82
10	2,49
11	54,17
12	14,87

Apesar das amostras coletadas no ponto 07 apresentarem elevado coeficiente de sorção, estas quando submersas perderam poucas partículas, resultando em baixos valores de perda de massa.

A amostra do ponto 11 mostrada na figura 07 apresentou elevada perda de massa por imersão e valores de sorção consideráveis, tornando-se um solo de elevada erodibilidade.

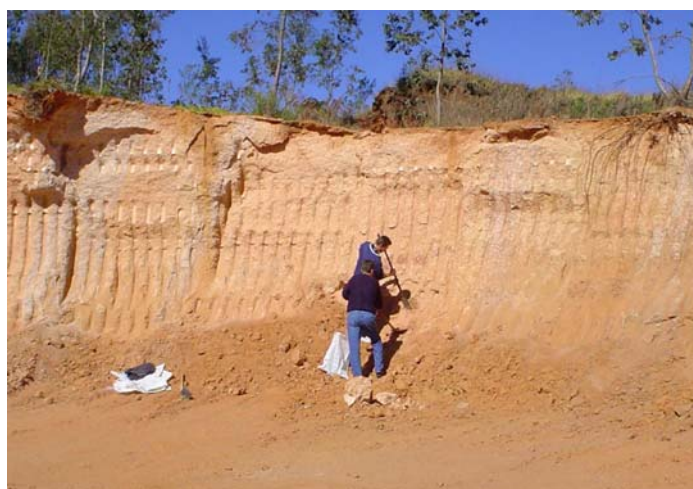



Figura 07. Solo residual de granito do bairro Congonhas (ponto 11).

O mesmo ocorre com os valores determinados no ponto 03 de perda de massa, porém, o coeficiente de sorção não foi tão elevado.

A figura 08 apresenta o solo coletado, onde é possível perceber se trata de um horizonte C de um granito granular, com um plano de argilização ao centro, possivelmente provocado por uma fratura.

Figura 08. Solo residual de granito do bairro.

Os solos que apresentam umidade natural, por apresentarem valores de erodibilidade alto, possuem tendência de desagregação com certa facilidade.

6.1. Amostras Ensaiadas na Umidade Natural

Nesta etapa da pesquisa foram coletadas amostras de solos nos mesmos pontos descritos anteriormente, e secas ao ar por 72 hs.

A grande maioria destes solos apresentou elevado coeficiente de sorção apresentado no gráfico da figura 09.

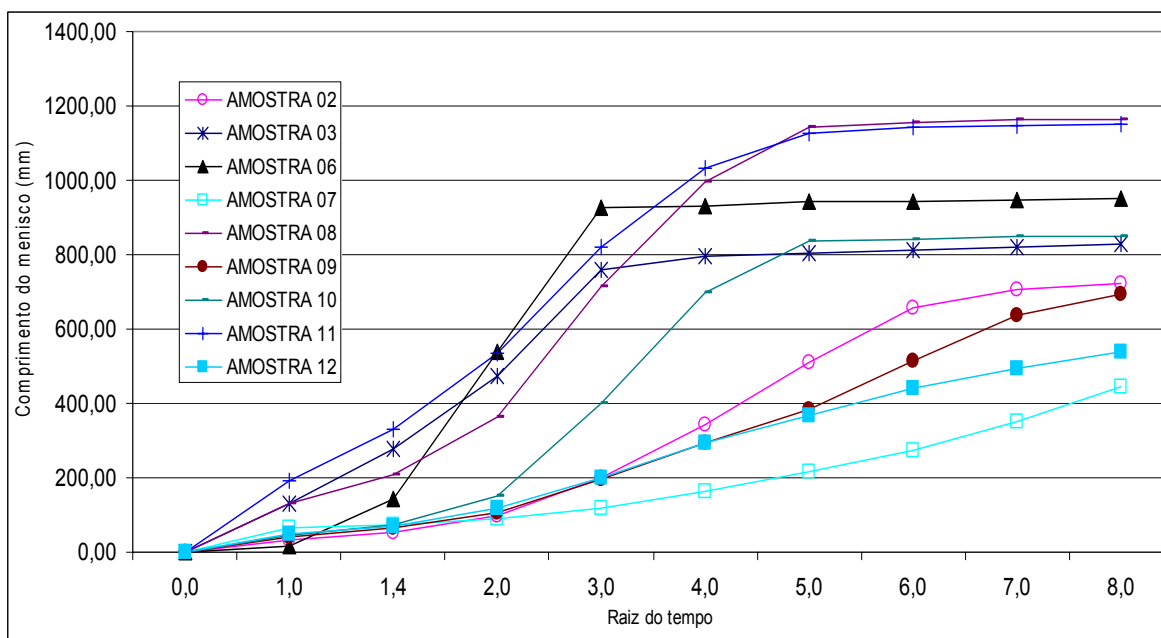



Figura 09. Gráfico do comprimento do menisco capilar x raiz do tempo em amostras secar ao ar 72 hs.

Os valores do coeficiente de sorção apresentaram-se muito elevados, a exceção das amostras 07 e 12.

Os valores da amostras 12 apresentaram-se bastante baixos tanto nas amostras no estado natural quanto em corpos de prova secos ao ar 72 hs.

Isto pode ser explicado em razão das amostras serem coletadas em um horizonte C tendendo ao RA, ou seja, a estruturas da rocha de origem está ainda muito marcante neste horizonte.

A figura 10 apresenta este tipo de solo.

Figura 10. Solo residual de granito do bairro

Os valores do coeficiente de sorção para amostras secas ao ar 72 hs podem ser observados na tabela 03.

Tabela 03. Coeficientes de sorção dos solos secos 72 hs.

Amostras de solos secos 72 hs	s
02	0,11
03	0,56
06	0,85
07	0,04
08	0,38
09	0,11
10	0,17
11	0,55
12	0,12

Os ensaios de perda de massa por imersão foram realizados nas mesmas amostras de solos coletadas para os ensaios de infiltrabilidade.

Os valores de perda de massa por imersão estão expressos na tabela 04.

Tabela 04. Valores de perda de massa por imersão dos solos secos por 72 hs.

Amostras de solos secos 72 hs	PI (%)
02	1,64
03	2,25
06	11,11
07	0,29
08	14,58
09	6,75
10	40,87
11	72,95
12	57,21

As amostras secas ao ar por 72 hs apresentaram valores mais elevados de perda de massa por imersão em quase todas as suas amostras.

As amostras que em seu estado natural apresentavam elevados valores de PI apresentaram valores ainda mais altos, como pode ser observado no caso da amostra 11, que passou de 54,17 % de perda para 72,95%, citado anteriormente.

7. Critério de Erodibilidade

Os valores foram unidos no gráfico da figura 11 para que se tivesse uma estimativa do comportamento das amostras ensaiadas na condição natural e seca ao ar 72 hs.

É possível notar que os maiores coeficientes de sorção são apresentados pelas amostras ensaiadas secas ao ar.

Apesar disso, a amostra 07 apresentou os maiores coeficientes de sorção, entre os solos analisados nesta pesquisa.

Observou-se ainda que as leituras efetuadas do movimento do menisco capilar nos intervalos iniciais de tempo eram muito elevadas, sendo evidenciada a grande avidez por água que as amostras, mesmo em suas condições de teor de umidade natural, estavam.

Notou-se que a relação PI/s dos solos apresentou-se de certa forma uniforme, como pode ser observado na tabela 05.

Apenas as amostras de solos 02, 03, 09 e 10 apresentaram diferenças na capacidade de erodibilidade quando ensaiadas em diferentes teores de umidade.

O comportamento das amostras 06, 07, 08, 11 e 12 foi o mesmo, ocorrendo poucas mudanças nos valores da relação PI/s, quando houve a variação dos teores de umidade.

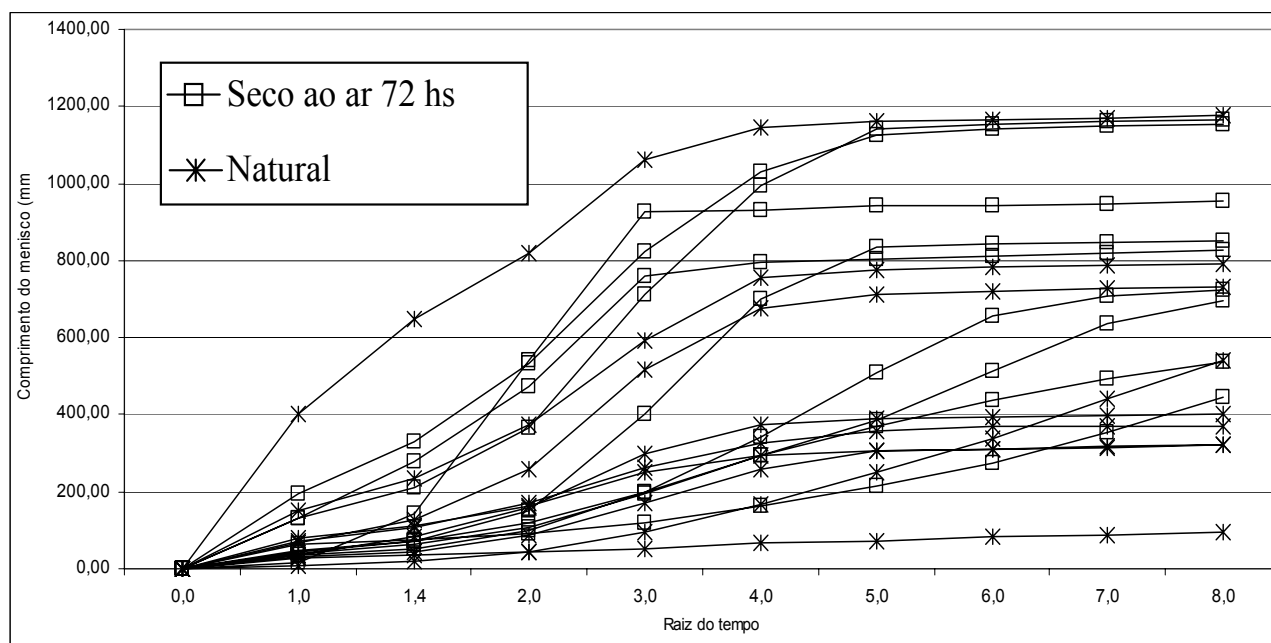



Figura 11. Gráfico do comprimento do menisco capilar x raiz do tempo em todas as amostras.

Tabela 05. Valores de PI/s.

Amostras	PI/s (umidade natural)	PI/s (secos ao ar 72 hs)
02	68,88	15,49
03	675,55	4,02
06	30,68	13,01
07	0,79	7,18
08	38,45	38,08
09	13,13	61,83
10	26,77	234,36
11	173,13	131,65
12	570,39	494,45

NOTA: O critério adotado por Nogami e Villibor (1985), adota que os solos que apresentam valores resultantes da relação PI/s acima de 52 são erodíveis.

8. CONCLUSÕES

Os solos de áreas destinadas à expansão da mancha urbana do município de Tubarão apresentam-se em relevos mais ondulados, sendo caracterizados como solos residuais de granito.

O horizonte C das elevações encontradas na localidade apresentou comportamento com grande potencial à ocorrência de processos erosivos.

Os pontos 11 e 12 foram considerados os mais erosivos, em razão de apresentarem a relação de PI/s bastante acima de 52 nas duas condições de umidade.

Ressalta-se que é necessário que em cada localidade seja criado um critério de erodibilidade, devendo ser realizados mais ensaios a fim de que o valor estipulado pela metodologia MCT seja corrigido para cada região.

Este estudo, apesar de preliminar, poderá auxiliar na orientação da localização de novas áreas a serem a serem ocupadas pela mancha urbana do município de Tubarão, principalmente em conjunto ao mapa geotécnico do município, o que permitirá a formulação de unidades de potencial erosivo.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Higashi, R. R.; Davison Dias, R.; (2003) Estimativa de Comportamento dos Solos do Município de Tubarão Através de Ferramenta SIG Visando o Planejamento e Implantação de Rodovias – Reunião Anual de Pavimentação – Campinas – SP.

Nogami, J.S.; Villibor, D.F. (1995) Pavimentação de baixos custos com solos lateríticos. São Paulo : Ed. Vilibor, 240p.

ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS DE ESCORREGAMENTOS NO ESTADO DE SANTA CATARINA COM BASE NOS FORMULÁRIOS DE AVALIAÇÃO DE DANOS DA DEFESA CIVIL – 1980 A 2003

MARIA LÚCIA DE PAULA HERRMANN[1]
JOËL R. G. M. PELLERIN[1]
SILVIA MIDORI SAITO[1]

[1]GEDN – Grupo de Estudos de Desastres Naturais
LabClima – Laboratório de Climatologia Aplicada
Departamento de Geociências
Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa Postal 476 - 88.040-900 – Florianópolis-SC, Brasil
{herrmann,pellerin,silsai}@cfh.ufsc.br; gedn@grupos.com.br

HERRMANN, M. L. P.; PELLERIN, J. R. G. M.; SAITO, S. M. Análise das ocorrências de escorregamentos no Estado de Santa Catarina com base nos formulários de avaliação de danos da Defesa Civil – 1980 a 2003. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 159-173. (CD-ROM)

RESUMO
O presente trabalho refere-se a análise das ocorrências de escorregamentos no Estado de Santa Catarina mediante o levantamento dos eventos registrados nos formulários de Avaliação de Danos (AVADAN) da Defesa Civil no Estado de Santa Catarina no período de 1980 a 2003. Os municípios que apresentaram maiores registros de escorregamentos foram os localizados na unidade geomorfologica Serras do Leste Catarinense, destacando-se Blumenau, Florianópolis e São José. Ao longo dos últimos 24 anos foi computado um total de 140 ocorrências, afetando 87 municípios; considerando que esse número não representa a realidade observada, foi necessário, a título de teste, coletar maiores informações através de outras fontes, especialmente os artigos de jornais referentes aos episódios pluviais intensos. Esse procedimento confirmou que o número de ocorrências de escorregamentos em Santa Catarina é superior ao que foi apresentado nos AVADAN.
Palavras-chave: escorregamentos, formulário de Avaliação de Danos (AVADAN)

LANDSLIDES OCCURRENCES ANALYSIS AT SANTA CATARINA STATE BASED IN DAMAGES EVALUATION FORMULARIES OF CIVIL DEFENSE/SC – 1980 TO 2003

ABSTRACT
This paper analises landslides occurrences based in Damages Evaluation formularies (AVADAN) of Civil Defense at Santa Catarina State, from 1980 to 2003. The municipalities, which presented more landslides registers, were that located at geomorphologic unit, distinguishing Blumenau's, Florianopolis, São José. Considering the total of 140 registers affecting 87 municipalities, one or until nine times, didn't represent the observed reality, it was necessary to collect more information through other sources, as newspapers regarding intense pluvial episodes. This proceeding confirmed that the landslides occurrences number is higher than present at AVADAN.
Key-words: landslides, Damages Evaluation formularies (AVADAN).

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho constitui-se no estudo das ocorrências de escorregamentos no Estado de Santa Catarina ao longo dos últimos 24 anos (1980 a 2003) tendo como referência os registros dos formulários de Avaliação de Danos – AVADAN. Que tem por finalidade informar, com precisão, o SINDEC (Sistema Nacional de Defesa Civil), sobre as características dos desastres; avaliar os danos humanos, materiais e ambientais provocados pelo desastre; informar sobre os prejuízos econômicos e sociais resultantes (Brasil, 1999).

A borda oriental do estado de Santa Catarina, onde se situa uma seqüência de elevações rochosas constituídas pelas serras do Mar, do Leste Catarinense e Geral, é a mais afetada pelos escorregamentos, que causam bloqueios nas estradas, perdas nas áreas agricultáveis e vítimas fatais diante dos soterramentos de residências situadas em áreas de risco.

O principal objetivo do trabalho consiste em identificar e analisar as principais ocorrências de escorregamentos no Estado, visando avaliar os municípios com maior risco.

Espera-se através desse trabalho poder oferecer subsídios para planejamento nos municípios mais afetado pelos escorregamentos, bem como salientar a importância de se efetuar registros que expressem a realidade desses acontecimentos no Estado.

1.1 Aspectos conceituais

Os escorregamentos (*slides*) representam a classe mais importante dentre todas as formas de movimento de massa e são comumente denominados de deslizamentos, desmoronamentos, quedas de barreira e desbarrancamentos, os quais referem-se, ao rápido movimento descendente do material constituinte da encosta, desde escorregamentos rotacionais *(slumps*) e translacionais (planares), até as corridas de terra e de lama (*earth flow* e *mud flow*).

No que se refere às quedas de blocos (*rock falls*) pode-se defini-los como movimentos rápidos de blocos e lascas de rochas que são removidos (queda livre), pela ação da gravidade sem a presença de uma superfície de deslizamento.

O Glossário de Defesa Civil na definição de deslizamento, engloba todos os tipos acima descritos como:

> Fenômeno provocado pelo escorregamento de materiais sólidos, como solos, rochas, vegetação e/ou material de construção ao longo de terrenos inclinados, denominados encostas, pendentes ou escarpas. Caracteriza-se por movimentos gravitacionais de massa que ocorrem de forma rápida, cuja superfície de ruptura é nitidamente definida por limites laterais e profundos, bem caracterizados. Em função da existência de planos de fraqueza nos horizontes movimentados, que condicionam a formação das superfícies de ruptura, a geometria desses movimentos é definida, assumida a forma de cunha, planar ou circular. (Castro, 1998, p.86)

1.2 Fatores condicionantes ao movimento de massa

Os fatores condicionantes ao movimento de massa estão relacionados, principalmente, a estrutura geológica, declividade da vertente, formas de encostas, regime de chuvas, perda da vegetação e da atividade antrópica.

Na estrutura geológica consideram-se os aspectos litológicos; padrões de fraturas, diaclasamento, xistosidade e dobramento; a circulação da água, tensões e planos de cisalhamento.

A morfologia, a altura e o ângulo de inclinação das vertentes também influenciam nos movimentos de massa. Deve-se salientar presença de espesso manto de intemperismo, além das faixas impermeáveis que atuam como plano de escorregamento (BIGARELLA, 2003 p1026).

Quanto ao regime de chuvas, a alta pluviosidade constitui um dos principais condicionadores dos movimentos de massa nas vertentes de equilíbrio crítico. Mas estes não ocorrem somente diante dos excepcionalismos pluviométricos, é necessário considerar o tempo de duração das chuvas, a condutividade hidráulica dos solos e a variação do grau de saturação. Uma forte pancada de chuva de curta duração, antecedida por dias secos, tem maior probabilidade de provocar deslizamentos do que a mesma quantidade distribuída ao longo de um período maior. Um forte aguaceiro que desabe sobre uma superfície onde o solo já tiver saturado a sua capacidade de armazenamento em decorrência dos dias consecutivos de chuvas, propicia os mais freqüentes movimentos de massa.

A cobertura vegetal exerce uma importante função na retenção da água da chuva. A vegetação com os seus sistemas de raízes controla o escoamento superficial e a infiltração das águas no manto de intemperismo, diminuindo a excessiva penetração da água no subsolo mais profundo. Entretanto, os deslizamentos em áreas florestadas ocorrem apenas nas vertentes muito íngremes e em decorrência da alta pluviosidade que saturam os solos rasos existentes sobre a superfície com rochas pouco alteradas.

Dentre os fatores acima citados, certamente a atividade antrópica constitui-se como uma das maiores potencializadoras dos movimentos de massa. O aumento da densidade da ocupação urbana nas encostas tem propiciado grande número de acidentes e algumas ações acabam por potencializá-los: A retirada da vegetação permitindo maior infiltração da água em subsolo, cortes e aterros mal executados para construção das casas, lançamento direto de águas servidas, vazamento da rede de abastecimento de água - muitas vezes feita clandestinamente, fossas sépticas em encostas muito íngremes, acúmulo de lixo, entre outras.

2. METODOLOGIA

Os registros dos escorregamentos no Estado de Santa Catarina foram coletados com base nos Formulários de Avaliação de Danos – AVADAN- pertencentes aos arquivos da Defesa Civil Estadual –DEDC-SC.

Os escorregamentos geralmente são considerados como desastres secundários, ou seja,

conseqüência de um desastre primário, normalmente relacionado às enxurradas ou enchentes. Para o presente levantamento, foram considerados os formulários de AVADAN desde 1980, que vêm sofrendo modificações ao longo dos anos. A partir do ano 2000 passou a ser adotado o modelo que consta no Manual para a Decretação de Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade Pública.(Brasil, 1999).

Nesse atual modelo, o item "tipificação", freqüentemente vem preenchido com enxurradas/(ou enchentes), os escorregamentos geralmente são identificados nos itens: "descrição da área afetada", "causas do desastre" e "danos ambientais", e, em muitos casos, as fotos que acompanham os formulários não caracterizam, efetivamente, escorregamentos, e sim, desbarrancamentos de rios e quedas de pontes. Diante disso procurou-se a partir do ano de 2000 consultar o banco de dados *on-line* do jornal A Notícia, buscando-se artigos relacionados aos episódios pluviais intensos, visando comparar essas informações com os registros dos AVADANs.

Os dados coletados foram tabulados, interpretados e organizados na forma de gráficos, tendo sido elaborado, também, um mapa identificando as classes de freqüências de escorregamentos nos municípios do estado de Santa Catarina.

3. ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS DE ESCORREGAMENTOS EM SANTA CATARINA (RESULTADOS E DISCUSSÃO)

Em Santa Catarina as áreas de maiores incidências de escorregamentos e quedas de blocos situam-se nas unidades geomorfológicas orientais do estado de Santa Catarina: Serra do Mar; Serras do Leste Catarinense e Serra Geral (Rosa, 1991). Nessas serras os escorregamentos fazem parte de processo natural de evolução de vertentes ao longo de diversas escalas de tempo. Nas demais unidades geomorfológicas foram registradas poucas ocorrências e em alguns municípios.

Conforme estudos realizados por Bigarella et al. (1978), nas vertentes do Brasil sudeste e meridional esses movimentos de massa, encontram-se especialmente ligados às condições climáticas úmidas, ao intemperismo químico profundo e à inclinação das vertentes, ocorrendo freqüentemente em áreas montanhosas e sendo característicos dos terrenos antropicamente degradados.

A declividade acentuada das vertentes ocasiona localmente, por ocasião das chuvas intensas, movimentos de massa do tipo solifluxão e escorregamentos, promovendo o carreamento de material superficial com granulometria variada, exibindo blocos de matacões graníticos em condições precárias de equilíbrio, constituindo-se num fator de alto risco nas

áreas adjacentes, com ocupação humana. Igualmente problemática é a dificuldade de escoamento das águas devido às características de seus vales bem encaixados nos altos cursos, determinando, por ocasião das chuvas abundantes, enchentes, especialmente na bacia do Rio Itajaí (Herrmann e Rosa, 1990).

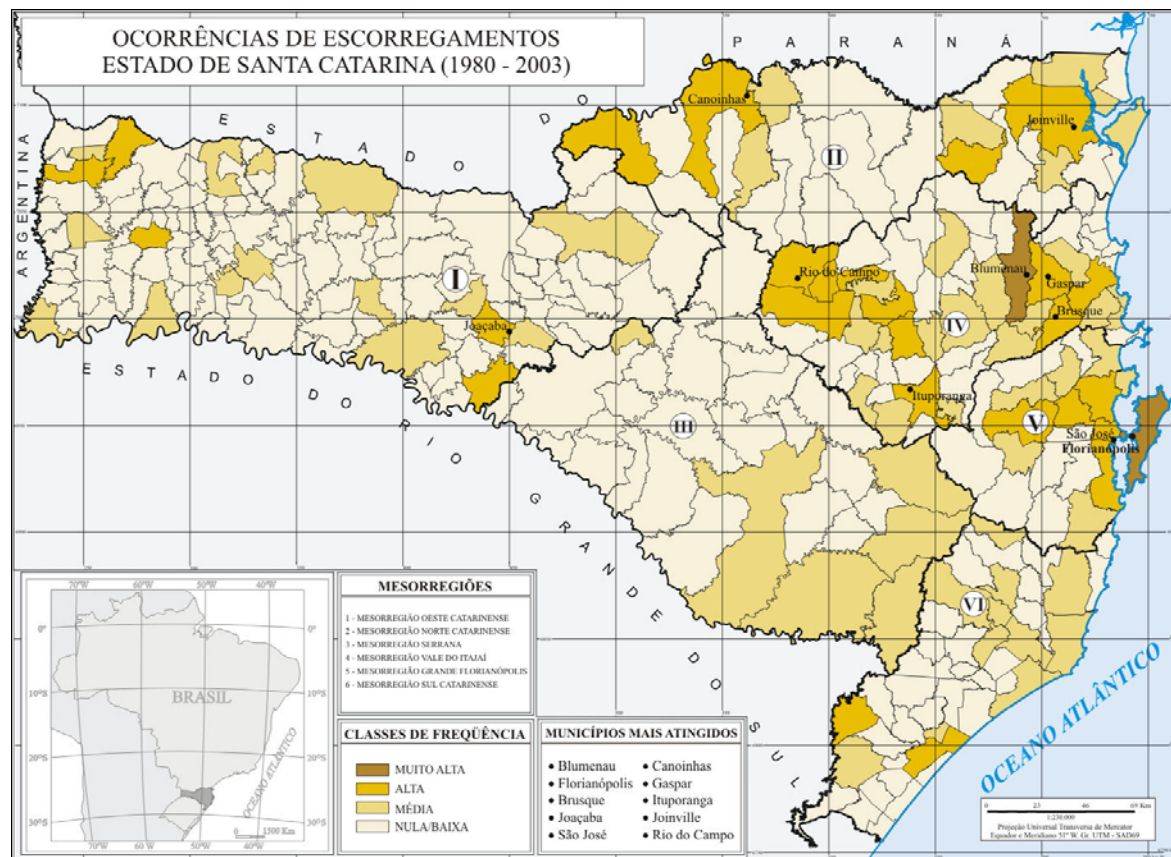



Figura 1 – Mapa de freqüência de escorregamentos nos municípios do Estado de Santa Catarina (1980 a 2003).

A Serra do Mar, localizada no extremo nordeste do Estado de Santa Catarina até a região de Joinville é constituída por rochas do embasamento cristalino, granulitos, gnaisses e migmatitos (Coitinho, 1991). O relevo, frente dissecada de bloco falhado, apresenta-se como uma serra dissimétrica, com vertentes voltadas para leste e oeste, sendo que a voltada para a vertente atlântica é a mais extensa e com maior declividade. A Serra do Mar, culminando na região a 1500 metros de altitude, é dissecada num conjunto de cristas e picos separados por vales estruturais profundos podendo atingir 400m de desnível (Herrmann e Rosa 1990).
Os municípios situados nessa unidade e com mais registros pelos escorregamentos correspondem a Joinville (03 registros) e Guaramirim (02).

As Serras do Leste Catarinense que se estendem desde as imediações de Joinville até a região ao sul de Tubarão, formam uma seqüência de elevações dispostas de forma paralela e/ou sub-paralela. As cristas são orientadas predominantemente no sentido NE-SW,

seguindo as antigas zonas de fraturas do embasamento ou ainda seguindo falhas mais jovens, propiciando uma erosão diferencial (Herrmann e Rosa 1990).

As serras se apresentam gradativamente mais baixas em direção à linha da costa, geralmente, sob a forma de costões e pontais rochosos, os quais serviram de âncora à sedimentação extensiva durante o Quaternário. Nas serras do Tabuleiro e de Anitápolis as maiores elevações ultrapassam 1200 metros.

O embasamento rochoso composto por uma complexa assembléia litológica engloba corpos graníticos intrusivos, do Proterozóico; rochas do complexo metamórfico gnaisse-migmatito, também do Proterozóico, elaborando formas de relevo arredondadas, com cristas menos proeminentes e um padrão de fraturamento menos denso e, rochas vulcânicas extrusivas, do Paleozóico, que ocorrem na forma de derrames recobrindo em as elevações graníticas, a exemplo do Morro Cambirela com altitude em torno de 900m (Herrmann, 1999). Nessa unidade foram registrados escorregamentos principalmente nos municípios de Blumenau (09 registros),Florianópolis(09), São José (04), Brusque. (04) e Gaspar (03).

A Serra Geral localizada no sul de Santa Catarina, corresponde à borda do Planalto dos Campos Gerais, identificada como Serra Geral, constituída de rochas vulcânicas efusivas da bacia do Paraná, seqüência básica, representada por basaltos e com ocorrências de lentes de arenitos interderrames, (Coitinho, 1991). Essa borda é representada por terminais escarpados, festonados e profundamente dissecados pela erosão fluvial deixando nas vertentes abruptas, um sucessivo escalonamento de patamares estruturais. Os terminais escarpados representam testemunho do recuo da linha de escarpa e se apresentam como esporões interfluviais alongados e irregulares, que se interdigitam com a Zona Carbonífera Catarinense. No extremo sul de Santa Catarina os Patamares da Serra Geral, que representam testemunho do recuo da linha de escarpa, constituem uma unidade de relevo, constituída por rochas sedimentares gonduância, cujas formas alongadas e irregulares avançam sobre a Planície Costeira (Rosa, 1991).

Os municípios que registraram escorregamentos nessa região foram Araranguá (02 registros) e Timbé do Sul (01), Maracajá (01), Nova Veneza (01) e Jacinto Machado (01).

Os patamares do alto vale do rio Itajaí, Essa unidade de relevo é drenada pelos afluentes formadores do rio Itajaí-Açú: rio Itajaí do Sul, do Oeste, e do Norte, ou Hercílio. A intensa dissecação que caracteriza a unidade , com patamares e vales estruturais, é conseqüência da adaptação da rede de drenagem à estrutura monoclinal da Bacia do Paraná (Rosa e Herramann, 1986). Os extensos patamares e os relevos residuais de topos planos, limitados por escarpas deve-se ás rochas de diferentes resistências à erosão, como os arenitos

mais resistentes e os folhelhos menos resistentes (Rosa,1991). As grandes amplitudes altimétricas entre os interflúvios (com altitude média de 900m, e topos com 1220m na Serra da Boa Vista)e as calhas dos rios (altitude em torno de 350m), deve-se ao encaixamento de drenagem seguindo a linha de fraqueza (Rosa, Herrmann,1986)

Os principais municípios que registraram escorregamentos foram, Rio do Campo (03), Ituporanga (03) Witmarsun (02), Salete (02), Taió (02), Rio do Sul (02).

Planalto das Araucárias basálticos, os riscos a deslizamentos são localizados nas vertentes dos vales; a parte conhecida como Planalto dos Campos Gerais se caracteriza por blocos isolados que dominam o Planalto Dissecado dos rios Iguaçu e Uruguai marcado por um relevo de forte dissecação com vales profundamente encaixados e encostas em patamares. Apenas alguns municípios registraram escorregamentos, como Joaçaba (04 registros), Capinzal (02), Palma Sola (02), Maravilha (02).

3.1. Análise do levantamento de escorregamentos segundo os AVADAN

Conforme os resultados obtidos pelo levantamento nos arquivos da Defesa Civil, através dos formulários de Avaliação de Danos – AVADAN, durante o período de 1980 a 2003, totalizaram-se 140 ocorrências de escorregamentos em 87 municípios no Estado de Santa Catarina.

Os municípios que apresentaram o maior número de registros foram Blumenau, Florianópolis Brusque, Joaçaba, São José, Canoinhas, Gaspar, Ituporanga, Joinville, Rio do Campo e Angelina, conforme se verifica na Figura 2. Nota-se que de maneira genérica os municípios que possuem o maior número de registros correspondem as maiores cidades do Estado. Portanto o risco a escorregamento está ligado a alta densidade urbana em áreas de relevo em montanha e/ou morraria.

Ao considerar o número de escorregamentos por ano, pode-se constatar a partir da Figura 3, que os maiores registros verificaram-se nos anos de 1994 (19 registros), 1983 (18), 1982 (17), 1989 (13), 2003 (12) e 1990 (10); os demais anos analisados foram inferiores a dez registros.

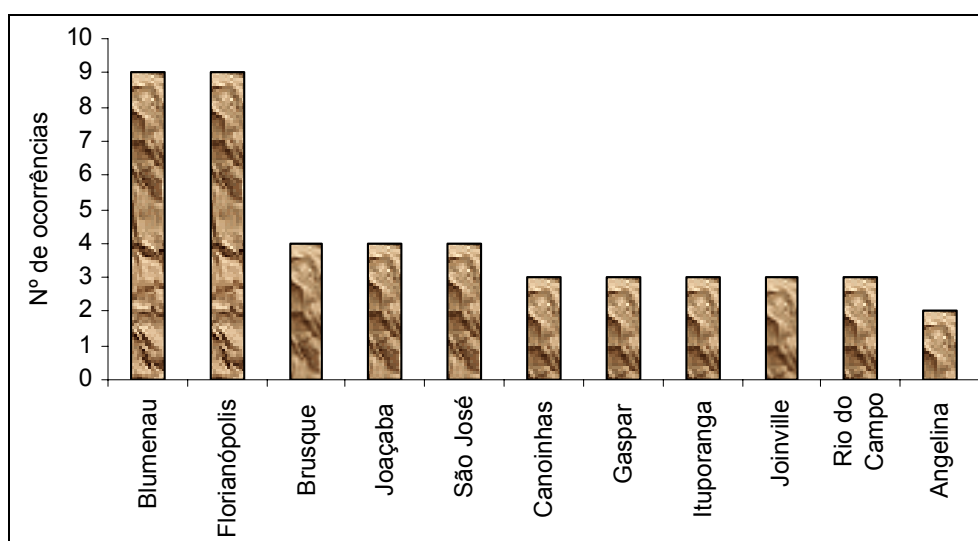



Figura 2 - Municípios catarinenses com maior número de registros de escorregamentos nos AVADANs durante o período de 1980 a 2003.
Fonte: Relatórios de Avaliação de Danos – AVADAN/Departamento Estadual de Defesa Civil/SC.

Os anos com maiores registros coincidem com os mais chuvosos, alguns ligados aos episódios *El Niño* (1982 a 1983, 1994) e outros a episódios relacionados ao desempenho da Frente Polar Atlântica, a qual ao estacionar no Estado, causam impactos negativos. Deve-se salientar, ainda, que em alguns anos em que se verificaram poucas ocorrências de escorregamentos, estiveram sob influência do fenômeno *La Niña* (1985-86; 1988, 1996-97; 1999-2000).

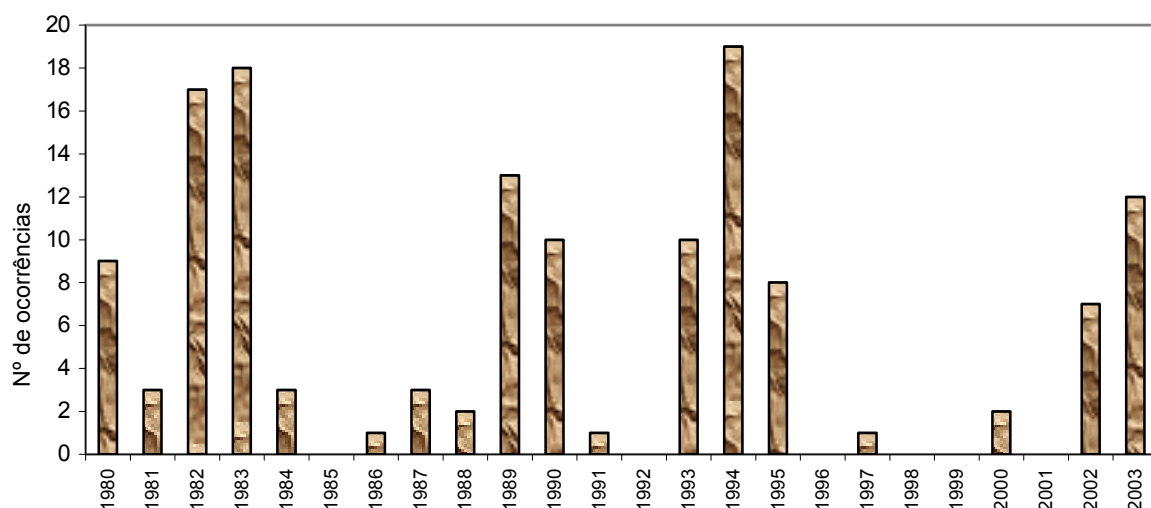



Figura 3 - Ocorrências de escorregamentos No Estado de Santa Catarina segundo os relatórios de Avaliação de Danos de 1980 a 2003.
Fonte: AVADAN/DEDC-SC.

Salienta-se que as maiores ocorrências de escorregamentos foram verificadas durante a estação chuvosa de verão, e estiveram associadas aos eventos de enxurradas e enchentes; enquanto que as menores ocorrências foram verificadas durante a estação de inverno, conforme Figura 4. Contudo na estação de outono, no mês de abril, o número de escorregamentos foi muito baixo, enquanto que no mês de maio registrou-se as maiores ocorrências. O total de 29 ocorrências atribuídas a esse mês decorre das enchentes catastróficas de 1983, ligadas ao *El Niño*. Nos meses da estação de primavera os escorregamentos também foram significativos e estiveram associados às incursões das frentes polares que propiciam pancadas rápidas de chuva.

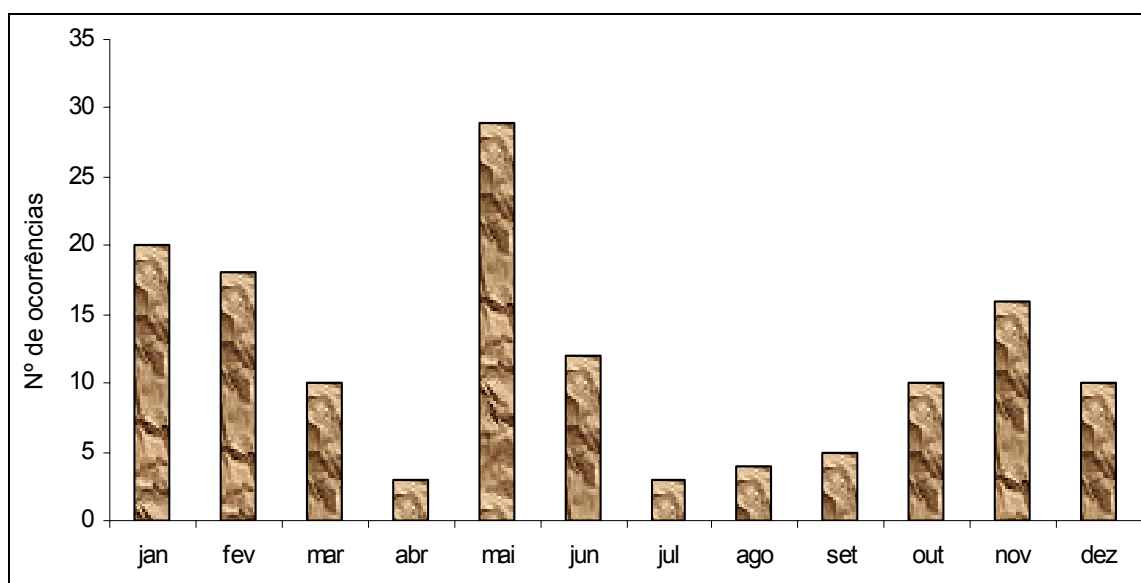



Figura 4 - Demonstrativo mensal das ocorrências de escorregamentos no Estado de Santa Catarina –1980 a 2003.
Fonte: AVADAN/DEDC-SC.

3.2. Elementos complementares necessários à avaliação dos riscos a escorregamentos em Santa Catarina

O total de 140 ocorrências, computadas mediante os registros dos AVADANs, não representa a realidade, pois diante dos episódios pluviais intensos são freqüentes os escorregamentos ao longo das encostas declivosas, especialmente naquelas em que houve interferência antrópica. Apenas aqueles que causaram danos materiais e humanos foram registrados, a maior parte relacionada com as estruturas deficientes das edificações e seus entornos e quedas de barreiras ao longo das estradas.

Nas vertentes florestadas da Serra do Tabuleiro são freqüentes os escorregamentos diante os episódios pluviais superiores a 50mm diários. A área conurbada de Florianópolis (Florianópolis, São José, Palhoça, Biguaçu,), quadro 1, e os municípios circunvizinhos Santo Amaro de Imperatriz, São Pedro de Alcântara, Antônio Carlos, situados próximos a essa

Serra, foram atingidos por quatro episódios chuvosos superiores a 200mm diários: 14 de novembro de 1991 (404,8 mm em 21 horas), 22/23 fevereiro de 1994 (227,4 mm concentradas em apenas 4 horas), 24/25 de dezembro de 1995 (594,5mm em 48 horas), 3/4 de fevereiro de 2001 (378,7mm em 48 horas). Esses episódios foram acompanhados de escorregamentos registrados apenas nas zonas atualmente urbanizadas.

Quadro 1- Escorregamentos na área conurbada de Florianópolis

DATA	PRECIPITAÇÃO	DESABRIGADOS	MORTOS EM DECORRÊNCIA DOS ESCORREGAMENTOS
14/15 nov. 1991	404,8mm em 21 horas	15.000	10
22 fev. 1994	227,4mm em 4 horas	900	3
24/25 dez. 1995	594,5mm, em 48 horas	7500	1
03/04 fev. 2001	378,7mm	64	0

Fonte: Herrmann (1999), AVADAN/Florianópolis (2001).

No episódio de novembro de 1991, movimentos de massa em áreas declivosas ocorreram em São José (Herrmann, Mendonça e Campos, 1993), único município que registrou escorregamento nos relatórios da Defesa Civil. Nas observações de campo feitas na época, verificaram-se deslizamentos em diversos municípios. Em Biguaçu, as encostas declivosas sofreram deslizamentos em pranchas, parecidas com os ocorridas no sul do Estado, em dezembro de 1995, conforme Figura 05. A extensão da enxurrada afetou os municípios de Paulo Lopes, Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz, Florianópolis, São José e Antonio Carlos, os quais receberam decreto de calamidade pública (Herrmann, 2001).

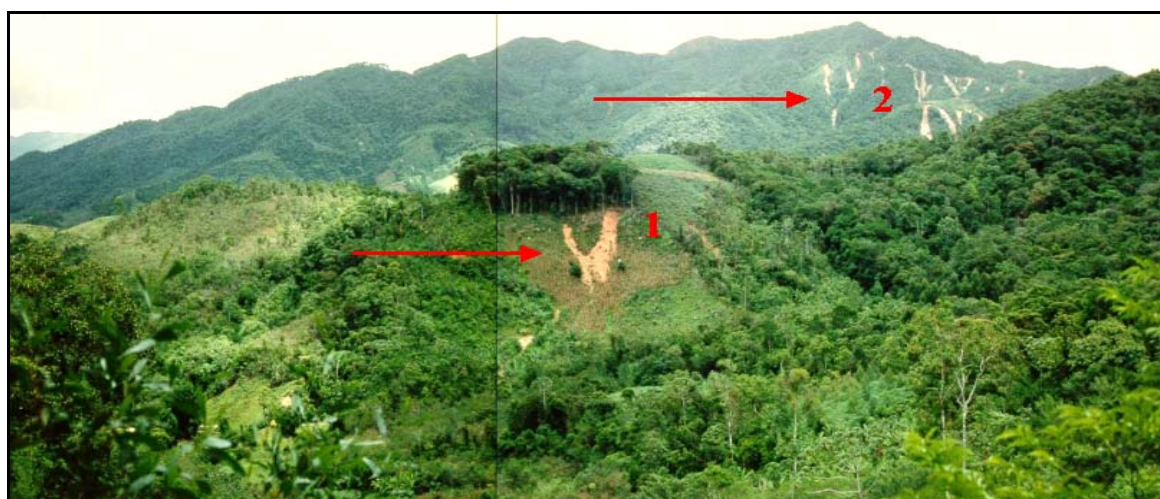



Figura 5 - Sorocaba do Sul, município de Biguaçu: em primeiro plano (1), cicatriz de deslizamento em prancha numa parcela de área de cultivo e no segundo plano (2), cicatrizes ao longo dos eixos de drenagem em área florestada.
Foto: Pellerin, jan/92.

No município de Alfredo Wagner pode-se verificar inúmeras cicatrizes de escorregamentos. O episódio chuvoso de julho de 1993 foi muito significativo, destruiu

inúmeras casas na área urbana, deixou 3244 desabrigados e provocou na zona rural muitos escorregamentos não registrados.

A catástrofe de 24 de dezembro de 1995 em Timbé do Sul, Jacinto Machado e Sideropólis no Sul do Estado, ocasionou 29 mortos. Estudos geomorfológicos nos vales de Figueira e Pinheirinho mostram o fenômeno do tipo corrida de lama (Pellerin *et al*, 1997 e 2002) foi originado por uma forte chuva de quatro horas e meia sobre a Serra que propiciou uma enxurrada violenta. O fluxo hiperconcentrado carregado de lama, blocos e troncos de árvores resultou em numerosos escorregamentos na serra Geral e destruiu 12km de vales cultivados, antes de se dispersar no baixo vale (Figura 06).

Nos AVADANs há registro de apenas um único episódio de escorregamento no município de Timbé do Sul, nos demais Jacinto Machado e Siderópolis, onde dois vales foram igualmente atingidos, não há nenhum registro. Além de que, os relatórios não separam claramente a catástrofe de 24 de dezembro 95 das enchentes generalizadas que afetaram toda bacia do Rio Araranguá. Durante os dias seguintes (25 a 28/12) a continuação da chuva provocou enchentes e muitos escorregamentos ao longo da BR-101; não somente na bacia do rio Araranguá, como também na Praia Grande e em Florianópolis, relatadas nos jornais de circulação regional e nos relatórios do Departamento Nacional de Estradas e Rodagens - DNER.

Figura 6 - Vale do rio Figueira, no município de Timbé do Sul: observar os deslizamentos nas vertentes da serra Geral entre 600 e 1100m de altitude, atingindo todos os eixos de drenagem de primeira e segunda ordem. No primeiro plano, a 12km da serra, o vale foi totalmente remanejado pelo fluxo de corrida de lama (*mud flow*).
Foto: Pellerin, jan/96.

Considerando que os AVADANs não poderiam ser considerados como a única fonte de dados para a análise dos escorregamentos em Santa Catarina, realizou-se consulta no banco de dados on-line do jornal A Notícia[1], para o período de 2000 a 2003, afim de estabelecer comparações com os registros dos AVADANs (primários e secundários)e de salientar a importância de se ter as ocorrências de escorregamentos citados nesses relatórios para favorecer os futuros estudos. A figura 7 demonstra a disparidade dos resultados obtidos.

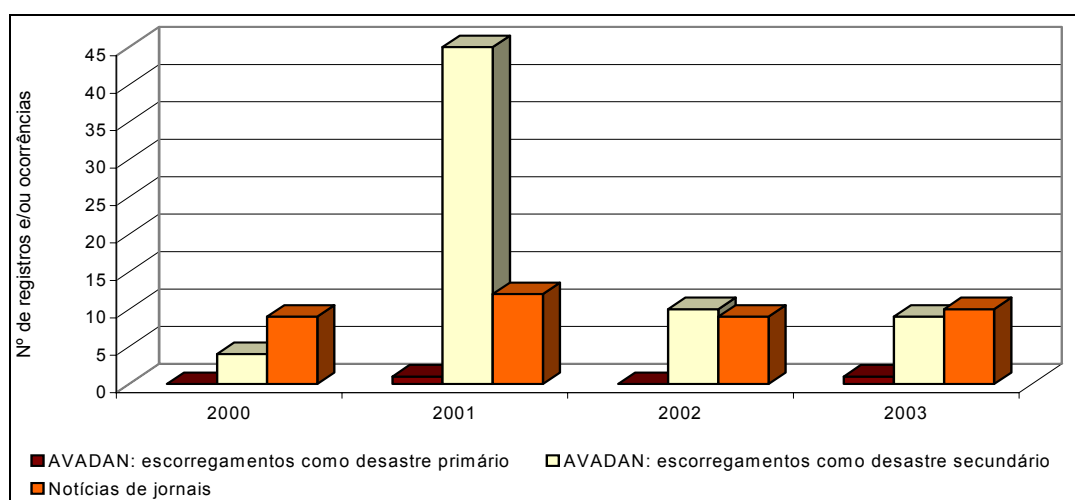



Figura 7 - Comparativo de diferentes fontes sobre as ocorrências de escorregamentos. Fonte: AVADAN/DEDC-SC; Jornal A Notícia.

De acordo com os formulários da Defesa Civil, no ano de 2000 há registro de apenas duas ocorrências de escorregamentos, enquanto que a consulta junto ao banco de dados *on-line* do jornal A Notícia revelou oito notícias que relatavam ocorrências de escorregamentos. (Figuras 07 e 08). Esses escorregamentos estiveram associados com os episódios de enxurradas, as quais foram registradas nos AVADANs, contudo não mencionaram os escorregamentos

Figura 7 - escorregamento em prancha na SC-438, entre Lauro Muller e Bom Jardim da Serra.
Foto: jornal A Notícia, 12/01/00.

Figura 8 - casa soterrada por escorregamento no município de Pomerode. Registrado como enxurrada no AVADAN.
Foto: Jornal A Notícia,14/02/00.

[1] Disponível em http://www.an.com.br

A maior diferença de dados foi relativo ao ano de 2001 visto que segundo os AVADANs não houve nenhum registro, mas ao se analisar as notícias desse período constatou-se doze matérias que mencionam a ocorrência de escorregamentos no Estado. Os registros da Defesa Civil citaram, nos episódios de chuvas intensa, apenas enxurradas ou enchentes, contudo analisando-se o conteúdo dos AVADANs pode-se verificar que foram citadas 45 ocorrências de escorregamentos

Durante o ano 2002, os AVADANs registraram sete ocorrências de escorregamentos e as matérias nos jornais citaram nove. No ano de 2003, apenas três registros de escorregamentos foram mencionados nos AVADANs, referentes aos que ocorreram nos municípios de Joinville, Joaçaba e Itajaí, Os jornais registraram além desses, mais sete que sucederam em outros municípios.

Os municípios que apresentam Comissões Municipais de Defesa Civil (COMDEC) bem estruturadas, possuem maiores registros de escorregamentos, pois essas Comissões prestam informações mais completas sobre os acidentes. O Município de Blumenau constitui-se num bom exemplo, conforme demonstra o quadro 2, onde durante o período de 1997 a 1999 foram registradas duas centenas de escorregamentos. Esse grande número refere-se a todos os locais em que se verificaram algum tipo de escorregamento, diante dos episódios pluviais, independente de terem causados danos, evidentemente que esse detalhamento não é realizado para os AVADANs, que só registram os escorregamentos mais graves, que causaram prejuízos ao Município

Quadro 2: Ocorrência de escorregamento em Blumenau – 1997 e 1998.

BAIRROS	1997	1998	1999	JAN/MARÇO DE 2000
Norte	52	26	8	40
Sul	171	146	43	149
Leste	156	107	39	97
Oeste	127	44	46	85
Total	506	323	136	295

Fonte:condec BLumenau ,(Vieira (1999)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises das ocorrências de escorregamentos no estado de Santa Catarina, tomando como referência os relatórios de Avaliação de Danos de 1980 a 2003, revelaram que, do total de 140 registros efetuados, os municípios que apresentaram o maior número de escorregamentos foram os localizados nas Serras do Leste Catarinense, Blumenau Florianópolis e São José, e correspondem aos mais populosos do Estado, mas em magnitude podemos destacar o escorregamento de grande extensão que ocorreu na Serra Geral, em dezembro de 1995, afetando os municípios de Timbé do Sul, Jacinto Machado e Siderópolis

As consultas efetuadas junto aos jornais possibilitaram confirmar, através de suas matérias sobre escorregamentos coletadas a partir de 2000, que estes ocorrem em número bem maior aos que foram registrados pelos AVADANs. Dessa maneira reconhecemos ser necessário complementar esse estudo levando em consideração os registros dos meios de comunicação, das COMDECs, dos arquivos do DNER, bem como da fotointerpretação das áreas, realmente, afetadas. A compilação de tais informações poderá melhorar a análise da freqüência das ocorrências, bem como ajudar a apreciar a intensidade das destruições ocasionadas pelos desastres.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho é parte integrante do projeto Plano de Prevenção e Redução das Vulnerabilidades a Desastres para o Estado de Santa Catarina e contou com o apoio e auxílio dos seguintes parceiros: UFSC; Diretoria Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina - DEDC_SC e do Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres- CEPED.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Defesa Civil. **Manual para a Decretação de Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade Pública**.Volumes 1 e 2. Brasília, ed. MIN,1999.

BIGARELLA, J.J. et al . **A Serra do Mar e a porção oriental do estado do Paraná** : um problema de segurança ambiental e nacional. Contribuições à geografia, geologia e ecologia regional. Curitiba : Secretaria do Estado do Planejamento/ Associação de Defesa e Eduacação Ambiental, 1978, 248p.

BIGARELLA, J.J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**, volume 3, ed. da UFSC, Florianópolis, 2003 p1026.

CASTRO, A . L. C. De. (org) **Glossário de Defesa Civil estudos de riscos e medicina de desastres**. Brasília : Ministério do Planejamento e Orçamento, 1998, 283p.

COITINHO, J. B. L. Geologia. In : Santa Catarina. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. **Atlas Escolar de Santa Catarina**. Rio de Janeiro, Aerofoto Cruzeiro, 1991.

PELLERIN, J., DUARTE, G.M., SCHEIBE, L.F., MENDONÇA M.,.MONTEIRO, M.A & CARDOSO, C.. Timbé do Sul - Jacinto Machado: avaliação preliminar da catastrofe de 23-24/12/95. **Geosul**, Florianópolis, UFSC/Depto. de Geocîencias, 12(23):71-86. 1997

PELLERIN J., OLIVEIRA M.A.T., SCHEIBE L.F., BUSS M.D., HERRMANN M.L.P. & PONTELLI M.E. Les crues et laves torrentielles catastrophiques du 23 Décembre 1995 dans l'Etat de Santa Catarina (Brésil subtropical), **Géomorphologie** : relief, processus, environnement, 2002 , Paris, 2002-1, p.51-60

ROSA, R. de O., Relevo. In : Santa Catarina. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. **Atlas Escolar de Santa Catarina**. Rio de Janeiro, Aerofoto Cruzeiro, 1991 p. 31, 32, 43.

SOUZA, C.M.M. **Avaliação ambiental estratégica como subsídio para o planejamento urbano**. 2003. 322p. Tese. (Doutorado Interdisciplinar em Ciências Humanas). UFSC, Florianópolis.

VIEIRA, R. **Interpretação integrada da paisagem para identificar a qualidade ambiental na sub-bacia do ribeirão Garcia- Blumenau /SC.** 1999. 173p. Dissertação (Mestrado em Geografia). UFSC, Florianópolis.

HERRMANN, M.L.de P.; ROSA, R de O. Relevo. In: Geografia do Brasil, **Região Sul**, Volume 2 .IBGE, Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro, 1990 pp55-83

HERRMANN, M.L.de P. MENDONÇA, M.; CAMPOS, N. (1993). São José-SC: avaliação das enchentes e deslizamentos ocorridos em novembro de 1991 e fevereiro de 1994. **Geosul**, Florianópolis,1993 nº16, ano 8, p. 46-78.

HERRMANN, M. L. de P. **Aspectos Geoambientais da Faixa Central do Litoral Catarinense.** Tese (Doutorado em Geografia Física) FFLCH/USP. São Paulo, 1999. 307p

HERRMANN, M. L. P. **Levantamento dos desastres naturais causados pelas adversidades climáticas no estado de Santa Catarina período de 1980 a 2000**. Florianópolis: UFSC/DEDC-SC, ed.imprensa Oficial, 2001, 97p .

DELIMITAÇÃO ESPACIAL DE DIFERENTES PROCESSOS EROSIVOS NA BACIA DO RIO PEQUENO, SÃO JOSÉ DOS PINHAIS – PR

IRANI DOS SANTOS[1]
MASATO KOBIYAMA[2]

[1]Centro de Hidráulica e Hidrologia Professor Parigot de Souza – CEHPAR
Convênio UFPR/COPEL/LACTEC
C.P. 1309, CEP 80011-970, Curitiba - PR, Brasil
[2]Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental
Universidade Federal de Santa Catarina,
Caixa Postal 476, Florianópolis – SC, Brasil. CEP 88040-900
irani@lactec.org.br; kobiyama@ens.ufsc.br

SANTOS, I.; KOBIYAMA, M. D. Delimitação espacial de diferentes processos erosivos na bacia do rio Pequeno, São José dos Pinhais – PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 174-187. (CD-ROM)

RESUMO
O presente trabalho teve por objetivo aplicar o modelo geomorfológico UMBRAL para delimitar quatro tipos de processos erosivos (erosão difusa; por lixiviação; linear; e por deslizamento) da bacia hidrográfica do rio Pequeno, no município de São José dos Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. O modelo UMBRAL pressupõe que a evolução do relevo está intimamente ligada à dinâmica da água na bacia, sendo que a determinação de onde e quando acontecem os diferentes processos erosivos depende das propriedades hidráulicas e mecânicas do solo, das características do relevo e dos processos hidrológicos. As propriedades hidráulicas do solo foram determinadas através da simulação do TOPMODEL e as propriedades mecânicas por ensaios geotécnicos de cisalhamento direto. Assim, através de expressões simples foi possível combinar estas características da paisagem e delimitar espacialmente onde ocorrem os diferentes processos erosivos. O mapa de processos erosivos, obtido com o UMBRAL, foi analisado frente ao mapa de uso do solo. O UMBRAL permitiu a delimitação dos processos erosivos atuantes na bacia e apresentou resultados bastante coerentes com as características ambientais.
Palavras-chave: UMBRAL, erosão, encosta, dinâmico da água.

SPATIAL DELIMITATION OF DIFFERENT EROSION PROCESSES IN THE PEQUENO RIVER WATERSHED, SÃO JOSÉ DOS PINHAIS – PR

ABSTRACT
The objective of the present work was to apply the geomorphologic model UMBRAL to delimitate four types of erosion processes (diffusive erosion, seepage erosion, overland flow erosion, and landslide erosion) in the Pequeno river watershed in the municipal of São José dos Pinhais, Metropolitan Region of Curitiba, Paraná State, Brazil. The UMBRAL model supposes that the relief evolution is strongly linked to the water dynamics in the watershed. In this model, the determination of where and when these four erosion processes occur depends on the hydraulic and mechanical properties of the soil, the relief characteristics and the hydrological processes. The hydraulic and mechanical properties of the soil were determined through the TOPMODEL simulation and the geotechnical study with the direct shear test, respectively. By using simple expressions, it was possible to combine these landscape characteristics and to delimitate spatially where the different erosion processes (diffusive erosion; seepage erosion; overland flow erosion; and landslide erosion) occur. A map of erosion processes, obtained with the UMBRAL, was analyzed with the land use map. The UMBRAL showed the delimitation of the actual erosion processes in the watershed, which is a quite coherent result compared to the environmental characteristics.
Key-words: UMBRAL, erosion, hillslope, water dynamics.

1. INTRODUÇÃO

A erosão é um conjunto de processos que envolvem o desprendimento, transporte e deposição de partículas sólidas do solo e da rocha, cujos agentes erosivos são a água, o

vento, as geleiras e a gravidade. No caso da erosão hídrica, encontram-se diferentes mecanismos causadores tais como: ação direta do salpico das gotas de chuva; ação do escoamento superficial; ação do escoamento subsuperficial em ductos e túneis (associados à atividade biogênica, às descontinuidades lito-pedológicas e ao fissuramento dos solos); excesso de pressão hídrica dos poros nas faces de exfiltração do escoamento subsuperficial; ação gravitacional direta, ou movimentos de massa, especialmente quando as pressões hídricas dos poros positivas se tornam críticas dentro do regolito (COELHO NETO, 1998).

Dado a complexidade e ao grande número de mecanismos físicos relacionados aos processos erosivos, a identificação e o mapeamento destes processos tornam-se uma importante ferramenta no planejamento ambiental. Esta forma alternativa de abordagem da erosão consiste na modelagem para identificação e delimitação espacial dos diferentes processos erosivos atuantes na bacia hidrográfica. A partir da identificação dos diferentes processos erosivos torna-se possível o estabelecimento de umbrais (*thresholds*) de erosão, isto é, a determinação de regiões onde podem ocorrer cada tipo de processo e conseqüentemente o limite espacial (umbral) entre as mesmas. Este limite espacial entre os diferentes processos erosivos é denominado de "umbral de erosão".

O presente trabalho apresenta a delimitação espacial dos diferentes processos erosivos que potencialmente ocorrem na bacia do rio Pequeno, localizada na região metropolitana de Curitiba, no estado do Paraná. O produto final do trabalho é um zoneamento desses processos erosivos que podem causar desastres naturais.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é a "bacia hidrográfica do rio Pequeno" como área afluente à estação fluviométrica Fazendinha (65010000) que se localiza nas coordenadas 25°31' de latitude sul e 49°11' de longitude oeste. Sendo sua área de 104 km², ela está compreendida integralmente nos limites do município de São José dos Pinhais, no estado do Paraná. A descrição detalhada da área de estudo consta de SANTOS & KOBIYAMA (2004).

O uso/ocupação do solo é apresentado na Tabela 1 e na Figura 1. Pode-se observar que as atividades de maior impacto, vinculadas com as classes de uso do solo Urbano e Agricultura/solo exposto correspondem a uma pequena parcela (7%) da bacia e estão localizadas principalmente no baixo curso.

Tabela 1 - Uso/ocupação do solo da bacia o rio Pequeno

Classes de uso/ ocupação do solo	Área (km²)	Porcentagem
Água	0,94	1
Urbano	3,86	4
Agricultura / solo exposto	3,63	3
Mata / floresta	56,26	54
Campo	36,88	35
Banhado / várzea	3,12	3
Área total	104,68	100

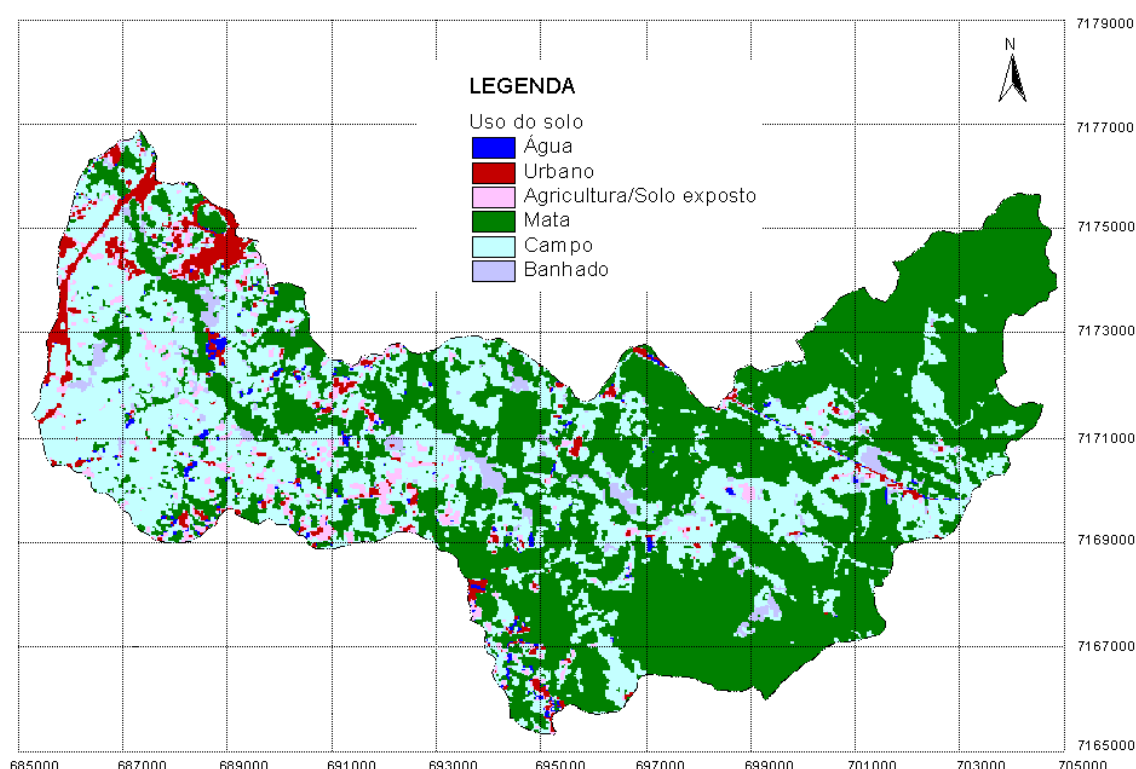



Figura 1 - Mapa de uso de solos.

3. MATERIAIS E MÉTODO

3.1. Modelagem de processos erosivos

Através de dados detalhados do modelo numérico de terreno (MNT) e de equações que descrevem fisicamente os processos hidrológicos e erosivos, torna-se possível fazer a delimitação espacial dos diferentes processos erosivos que ocorrem na bacia. Processos hidrológicos como escoamento superficial hortoniano e escoamento superficial por saturação (tipo Dunne -*saturation excess overland flow*), combinados com características geomorfológicas do local como declividade e área de contribuição da encosta de montante,

permitem o estabelecimento dos umbrais de erosão com base em algumas características do solo local.

As equações permitem mapear os limites (umbrais) das regiões onde o solo não atinge condições saturadas (erosão difusa); de solo saturado (erosão por lixiviação (*seepage*) e ravinamento por escoamento superficial); e regiões sujeitas a deslizamentos de solo.

Considerando-se algumas suposições simplificadoras, o umbral de saturação do solo pode ser determinado, sendo que o solo será saturado quando o valor da área de contribuição por unidade de contorno, *A/c=a,* também chamado de índice geomorfológico**,** for maior ou igual ao valor do lado direito da equação (1), conforme apresentado por DIETRICH et al. (1992) e MONTGOMERY & DIETRICH (1989 e 1994):

$$a \geq \frac{T}{R} \cdot M \qquad (1)$$

onde a é a área de contribuição por unidade de contorno (m); T é a transmissividade do solo (m^2/s); R é o escoamento lateral subsuperficial do solo saturado, equivalente a precipitação não interceptada (m/s); e M é o gradiente hidráulico, sendo considerado igual a declividade do terreno (m/m).

O procedimento para obter a equação (1) é igual aos de BEVEN & KIRKBY (1979) e O'LOUGHLIN (1986) para estimar a distribuição da umidade superficial do solo em bacias hidrográficas. Esta equação indica que, quanto maior a precipitação (R), menor o valor a necessário para gerar área saturada. Também mostra uma relação log-linear positiva entre a e M.

Plotando-se em um gráfico valores do índice geomorfológico, *a,* contra valores de *M*, para cada *pixel* no MNT (modelo numérico do terreno), pode-se traçar uma linha a partir dos parâmetros hidrológicos *T/R*, sobre a qual os pontos apresentam condição saturada (Figura 6). Nas regiões abaixo deste limite, ou seja, que não se encontram saturadas à superfície, apresentam potencial para desenvolver somente erosão do tipo laminar ou difusa.

Nas regiões saturadas a precipitação incidente irá provocar, juntamente com o escoamento de retorno, o escoamento superficial por saturação que potencialmente pode provocar erosão superficial. Nas regiões saturadas podem ocorrer erosões subsuperficiais do tipo Dunne (*seepage*), quando as condições de coesão do solo permitem a liquefação.

A inicialização de canais de erosão (ravinas) provocada por escoamento superficial ocorre quando a resistência mecânica do solo, representada pela tensão de cisalhamento crítica (τ_c) é excedida.

Pode-se considerar que em bacias de clima úmido, relevo suave e com cobertura vegetal, ocorre o predomínio do escoamento superficial dunniano em detrimento do escoamento superficial hortoniano e que, mesmo que seja rápido, o escoamento superficial em locais com cobertura vegetal pode ser considerado laminar, conforme DUNNE & DIETRICH (1980) e MONTGOMERY & DIETRICH (1994).

Pode-se assim estimar a área crítica por unidade de contorno necessária para a ocorrência de erosão por escoamento superficial por saturação:

$$a_{cs} \geq \frac{2 \cdot \tau_c^3}{k \cdot \upsilon \cdot \rho_a^3 \cdot g^2 \cdot R \cdot M^2} + \frac{T \cdot M}{R} \tag{2}$$

onde a_{cs} é a área crítica por unidade de contorno necessária para a ocorrência de erosão por escoamento superficial por saturação (m); τ_c é a tensão de cisalhamento crítica (N/m²); k é a constante ligada à geometria da superfície (adimensional); υ é a viscosidade cinemática (m²/s); ρ_a é a densidade da água (=1000 kg/m³); e g é a aceleração da gravidade (=9,8 m/s²). A constante k está relacionada com o número de Reynolds e seu significado físico é discutido em MORRE & FOSTER (1990) e GERITS et al. (1990).

A equação (2) mostra o limite denominado de umbral de erosão linear. Os valores posicionados acima e a direita desta linha apresentam erosão linear (Figura 6).

Um dos modelos mais simples e mais utilizados para determinar a instabilidade de vertentes é o modelo da vertente infinita (MONTGOMERY & DIETRICH, 1994). Unindo-se hidrologia de vertente com um modelo de instabilidade de vertente, chega-se na seguinte equação para obter a área crítica para deslizamento:

$$a_{cd} \geq \frac{z \cdot K \cdot \text{sen}\,\beta \cdot \cos\beta}{R} \cdot \left[\frac{C}{\rho_a \cdot g \cdot z \cdot \cos^2\beta \cdot \tan\phi} + \frac{\rho_s}{\rho_a} \cdot \left(1 - \frac{\tan\beta}{\tan\phi}\right) \right] \tag{3}$$

onde a_{cd} é a área crítica por unidade de contorno necessária para a ocorrência de erosão por deslizamento (m); z é a espessura do solo (m); K é a condutividade hidráulica saturada (m/s); β é a declividade da superfície do solo (grau); C é a coesão efetiva do solo (N/m^2); ϕ é o ângulo interno de fricção do solo (grau); ρ_s é a densidade global do solo saturado (kg/m^3).; e ρ_a é a densidade da água (kg/m^3).

A equação (3) é válida somente quando,

$$\tan\beta \geq \left(\frac{\rho_s - \rho_a}{\rho_s}\right)\cdot\tan\phi \geq \frac{\tan\phi}{2} \quad (4)$$

Dados de campo indicam que $(\rho_s\text{-}\rho_a)/\rho_s$ é aproximadamente 0.5 (DIETRICH et al., 1992). Então, admitindo-se que $C = 0$ e considerando-se que $\tan\beta = M$ a equação (3) pode ser escrita como:

$$a_{cd} \geq 2\cdot\left(1 - \frac{M}{\tan\phi}\right)\cdot\frac{T\cdot M}{R} \quad (5)$$

Através de dados detalhados do modelo numérico do terreno e das equações (1), (2) e (5) é possível delimitar na paisagem regiões com predominância dos diferentes processos de produção e transporte de sedimentos e dos diferentes mecanismos de inicialização de canais, ou seja, é possível fazer a delimitação espacial dos diferentes processos erosivos que ocorrem em bacias hidrográficas.

3.2. Modelo UMBRAL

Com base na teoria apresenta acima, SANTOS (2001) criou o programa computacional UMBRAL, que simula esses processos erosivos. As variáveis necessárias para simulação do modelo são “precipitação de projeto” e os seguintes parâmetros geotécnicos e hidrológicos de solo: ângulo interno de fricção; transmissividade do solo; constante ligada à geometria da superfície; e tensão de cisalhamento crítica. O modelo utiliza também informações distribuídas espacialmente e obtidas a partir das características geomorfológicas, sendo estas a distribuição do índice geomorfológico e da declividade.

A Figura 2 mostra o fluxograma de integração das atividades para delimitação dos processos erosivos com o modelo UMBRAL.

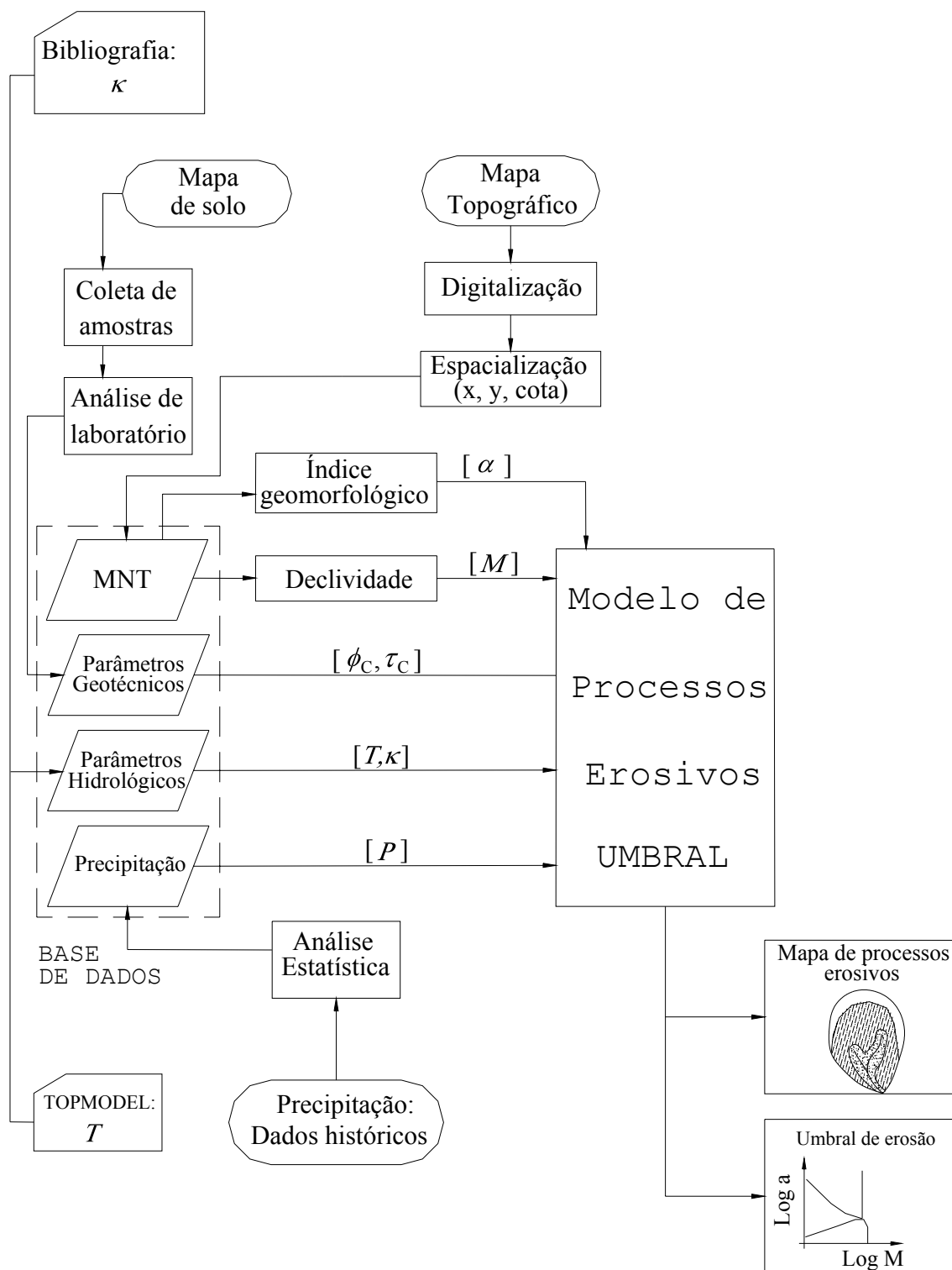



Figura 3 - Fluxograma de atividades para delimitação dos umbrais de erosão

Para estimativa do valor médio do ângulo interno de fricção (ϕ) foram reunidos os dados dos 18 ensaios de cisalhamento direto realizados em amostras representativas dos solos da bacia. Foi estabelecida a envoltória média de resistência, resultando em um ângulo interno de fricção de 28,14° e coesão de 13,6 kPa.

A tensão de cisalhamento crítica foi obtida a partir dos dados de coesão do solo, utilizando uma equação construída a partir de dados apresentados por KOMURA (1982), que se encontram na Figura 3. Esta figura mostra dois ajustes, um feito com todos os dados e outro utilizando somente as informações de solos coesivos. No presente trabalho adotou-se a equação para solos coesivos, resultando em uma tensão de cisalhamento crítica de 25,3 Pa para uma coesão 13,6 kPa.

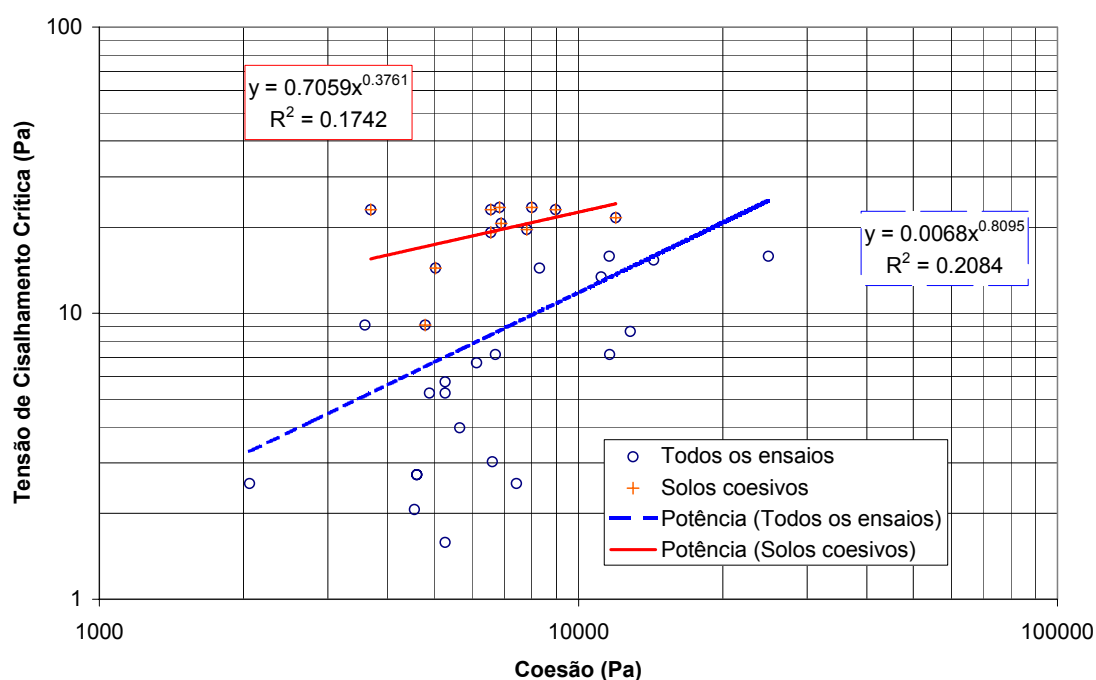



Figura 3 – Relação entre coesão e tensão de cisalhante crítica.

A precipitação de projeto (*R*) foi estimada a partir dos dados históricos de precipitações diárias da estação pluviométrica Fazendinha (02549017), localizada na exutória da bacia, do período de 07/1964 a 07/2000. O valor médio das máximas diárias anuais foi adotado. Para a transmissividade do solo (*T*) foi adotado o valor obtido na calibração do TOPMODEL para a bacia em estudo (SANTOS & KOBIYAMA, 2004) e para a constante relacionada com a geometria da superfície (*k*) o mesmo valor adotado por DIETRICH et al. (1992).

A Tabela 2 mostra os cinco parâmetros com valores médios para a bacia utilizados na simulação do modelo UMBRAL.

Tabela 2 – Parâmetros de entrada do modelo UMBRAL.

Parâmetro	Descrição	Valor adotado	Unidade
ϕ	Ângulo interno de fricção	28	grau
T	Transmissividade do solo	25,2	m^2 dia^{-1}
K	Constante ligada à geometria da superfície	10000	Adimensional
τ_c	Tensão de cisalhamento crítica	25	N m^{-2}
R	Precipitação de projeto	0,07	m dia^{-1}

O modelo utilizou também informações distribuídas espacialmente e obtidas a partir das características geomorfológicas, sendo estas a distribuição do índice geomorfológico e a distribuição da declividade. Os mapas de declividade (Figura 4) e de índice geomorfológico (Figura 5) foram obtidos a partir do modelo numérico do terreno com *pixel* de 40m, construído a partir de cartas topográficas em escala 1:10.000.

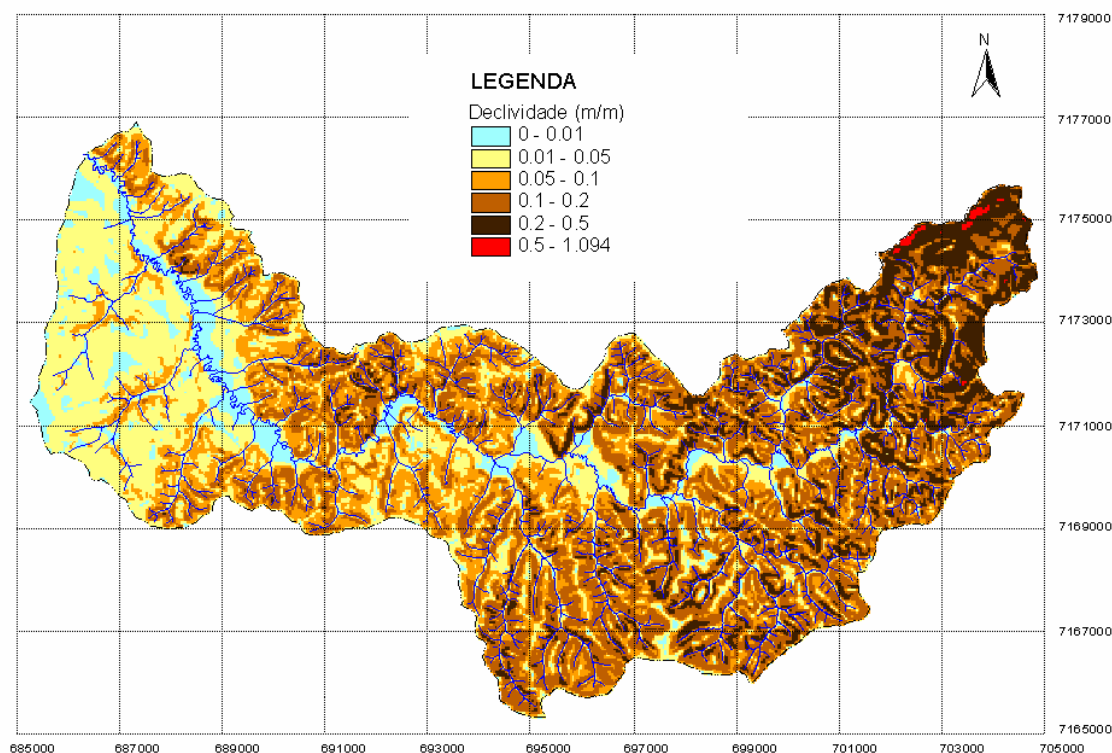



Figura 4 - Mapa de declividade (tanβ).

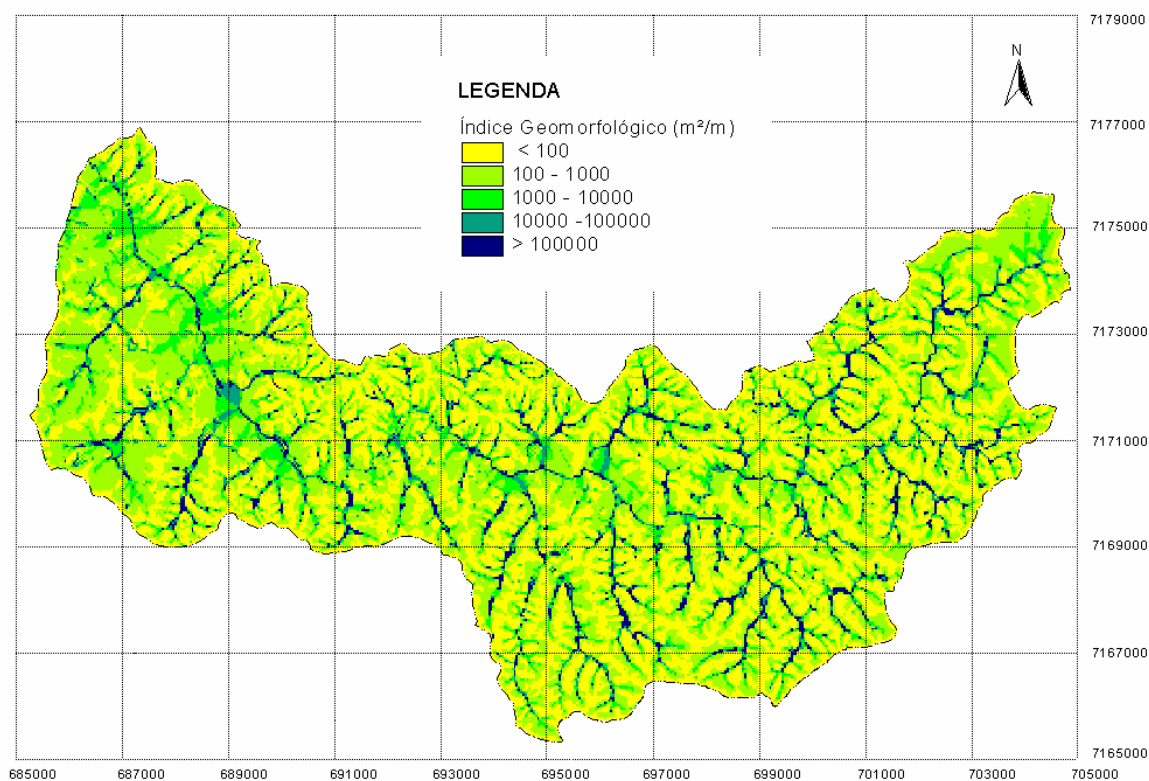



Figura 5 - Mapa de índice geomorfológico ($a = A/C$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 6 mostra o gráfico resultante da simulação do modelo UMBRAL para a bacia do rio Pequeno, contendo os umbrais de delimitação dos diferentes processos erosivos em função da declividade e da área de contribuição unitária. A Figura 7 mostra o mesmo gráfico juntamente com os pontos que representam os *pixels* do MNT da bacia estudada. Pode-se perceber uma grande concentração de pontos no entorno da declividade 0,1 m/m e com área de drenagem unitária próxima de 100 m²/m.

A partir da simulação do modelo UMBRAL é possível estabelecer um zoneamento dos processos erosivos, espacializando os resultados apresentados na Figura 7. Para isso os *pixels* foram classificados segundo a região erosiva, resultando no mapa apresentado na Figura 8.

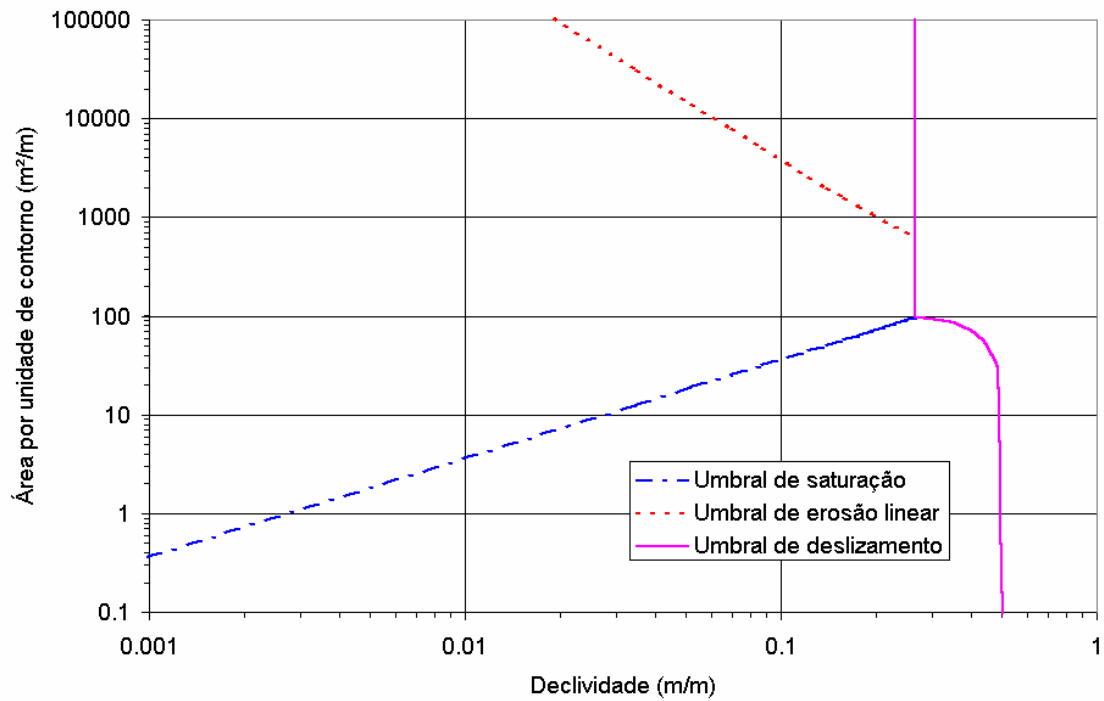



Figura 6 – Umbrais de erosão da bacia do rio Pequeno.

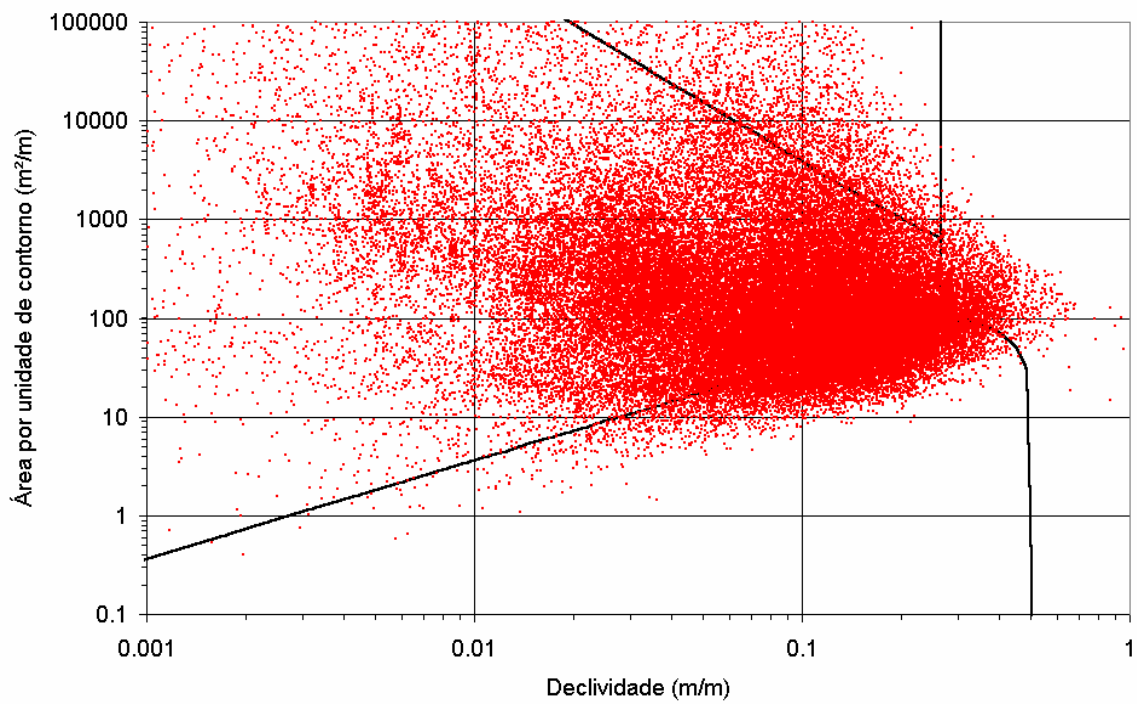



Figura 7 – Umbrais de erosão e *pixels* do MNT da bacia do rio Pequeno.

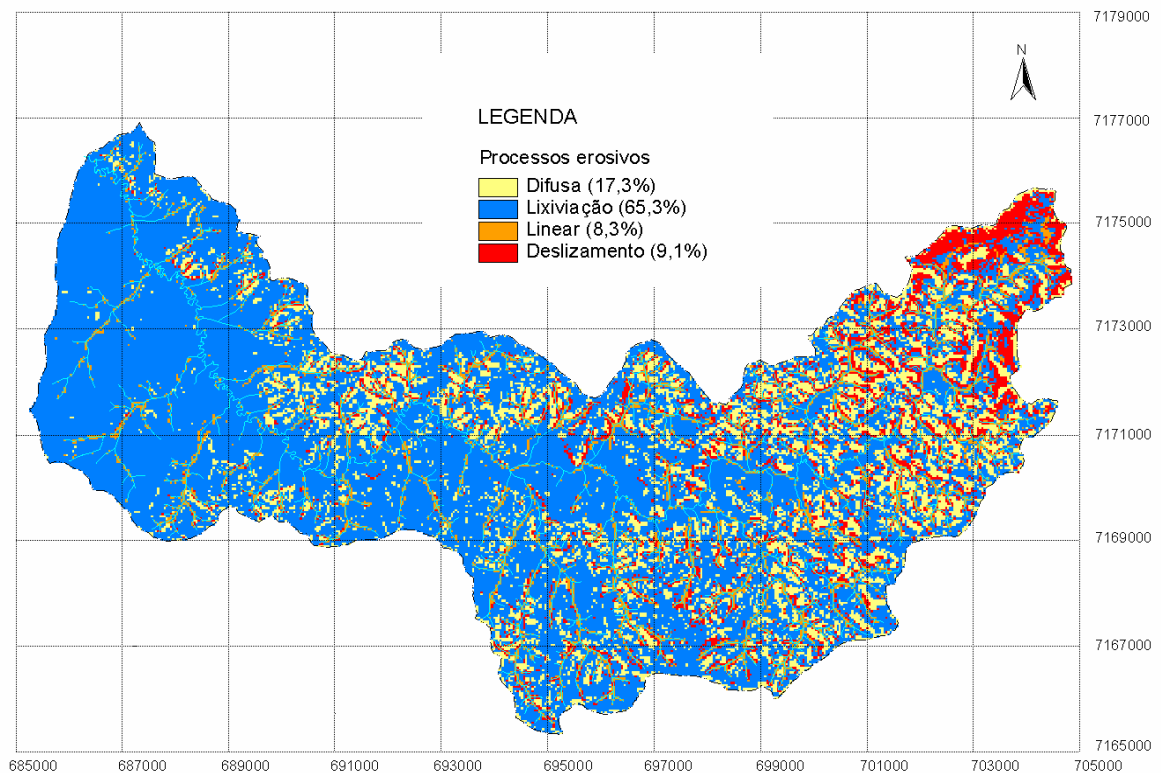



Figura 8 - Mapa de processos erosivos.

O UMBRAL permitiu a delimitação dos processos erosivos atuantes na bacia e apresentou resultados bastante coerentes com as características ambientais. Isso indica que os parâmetros, que possuem representatividade física, foram estimados de forma correta. Indica também que o modelo é adequado para estabelecer umbrais de erosão e a delimitação espacial dos processos erosivos.

A erosão difusa atinge 17,3% da área total e está presente em toda a extensão da bacia, localizada nos divisores das microbacias internas; a erosão por lixiviação atinge 65,3% da área total, está mais presente nas partes inferior e média da bacia, junto às áreas saturadas de relevo plano; a erosão linear atinge 8,3% da área total e está presente em toda a extensão da bacia, localizada ao longo da rede de drenagem; e a erosão por deslizamento atinge 9,1% da área total e está mais presente no alto curso do rio Pequeno, localizada junto às maiores declividades.

A partir dos mapas de processos erosivos e de uso do solo é possível estabelecer um diagnóstico ambiental da bacia. Para tanto o uso do solo foi agrupado em duas categorias, natural (mata, campo, banhado e água) e antrópico (urbano e agricultura/solo exposto) e comparado com os processos erosivos atuantes na bacia. A Tabela 8 mostra o uso do solo nas áreas de ocorrência dos diferentes processos erosivos. Nota-se a predominância do uso

do solo considerado natural, notadamente nas áreas com erosão linear e por deslizamentos e conseqüentemente mais sujeitas à ocorrência de desastres naturais.

Tabela 8 - Características do uso do solo nas regiões de diferentes processos erosivos.

Tipo de processo erosivo	Uso/ocupação do solo	Área (km²)	Porcentagem	
			Total	Parcial
Erosão difusa	Natural	15,42	14,8	95,8
	Antrópico	0,68	0,7	4,2
Erosão por lixiviação	Natural	32,70	31,3	88,4
	Antrópico	4,29	4,1	11,6
Erosão linear	Natural	44,87	43,0	94,8
	Antrópico	2,44	2,3	5,2
Erosão por deslizamento	Natural	3,93	3,8	99,3
	Antrópico	0,03	0,0	0,7
Área total		104,37	100	

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O UMBRAL permitiu a delimitação dos processos erosivos atuantes na bacia e apresentou resultados bastante coerentes com as características ambientais. Isso indica que os parâmetros, que possuem representatividade física, foram estimados de forma correta. Indica também que o modelo é adequado para estabelecer umbrais de erosão e a delimitação espacial dos processos erosivos.

Dos resultados da simulação do modelo UMBRAL, destaca-se: a erosão difusa atinge 15,4% da área total e está presente em toda a extensão da bacia, localizada nos divisores das microbacias internas; a erosão por lixiviação atinge 35,6% da área total, está mais presente nas partes inferior e média da bacia, junto às áreas saturadas de relevo plano; a erosão linear atinge 45,2% da área total e está presente em toda a extensão da bacia, localizada ao longo da rede de drenagem; e a erosão por deslizamento atinge 3,8% da área total e está mais presente no alto curso do rio Pequeno, localizada junto às maiores declividades.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEVEN, K. J.; KIRKBY, M. J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. **Hydrological Sciences Bulletin***,* 24, p. 43-69, 1979.

COELHO NETO, A. L. A abordagem geo-hidroecológica: um procedimento analítico-integrativo fundamentado na geomorfologia, hidrologia e geoecologia. In: Fórum Geo-Bio-Hidrologia: Estudo em Vertentes e Microbacias Hidrfográficas (1: 1998: Curitiba) **Anais**, Curitiba: UFPR, 1998. p.26-29.

DIETRICH, W. E. et al. Erosion thresholds and land surface morphology. **Geology**, v.20, p.675-679, 1992.

DUNNE, T.; DIETRICH, W. E. Experimental investigation of Horton overland flow on tropical hillslopes. 2. Hydraulic characteristics and hillslope hydrographs. **Zeitschrift für Geomorphologie, N.F., Supplement**, v.35, p.60-80, 1980.

GERITS, J. J. P. et al. Overland flow and erosion. In. ANDERSON, M. G.; BURT, T. P. (Eds.) **Process studies in hillslope hydrology.** J. Wiley, 1990. p. 173-214.

KOMURA, S. **Hidráulica de sedimentos I.** Tokyo: Morikita Publishing Co., 1982. 339p. (em japonês).

MONTGOMERY, D. R.; DIETRICH, W. E. Source areas, drainage density, and channel initiation. **Water Resources Research**, v. 25, n. 8, p. 1907-1918, 1989.

MONTGOMERY, D. R.; DIETRICH, W. E. Landscape dissection and drainage area-slope thresholds. In: KIRKBY, M. J. (Ed.). **Process models and theoretical geomorphology.** J. Wiley, 1994. p. 221-246.

MORRE, I. D.; FOSTER, G. R. Hydraulics and overland flow. In. ANDERSON, M. G.; BURT, T. P. (Eds.). **Process studies in hillslope hydrology.** J. Wiley, 1990. p. 215-254.

O`LOUGHLIN, E. M. Prediction of surface saturation zones in natural catchments by topographic analysis. **Water Resources Research**, v. 22, n. 5, p. 794-804, 1986.

SANTOS, I. **Modelagem geobiohidrológica como ferramenta no planejamento ambiental: estudo da bacia hidrográfica do rio Pequeno, São José dos Pinhais - PR.** Curitiba: UFPR, 2001. 93p. (Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo)

SANTOS, I.; KOBIYAMA, M. Aplicação do TOPMODEL para zoneamento hidrológico da bacia do rio Pequeno, São José dos Pinhais – PR. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais (1: 2004: Florianópolis) **Anais**, Florianópolis: UFSC, 2004. CD.

APLICAÇÃO DO TOPMODEL PARA ZONEAMENTO HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO PEQUENO, SÃO JOSÉ DOS PINHAIS - PR

IRANI DOS SANTOS[1]
MASATO KOBIYAMA[2]

[1]Centro de Hidráulica e Hidrologia Professor Parigot de Souza – CEHPAR
Convênio UFPR/COPEL/LACTEC
C.P. 1309, CEP 80011-970, Curitiba - PR, Brasil
[2]Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental
Universidade Federal de Santa Catarina,
Caixa Postal 476, Florianópolis – SC, Brasil. CEP 88040-900
irani@lactec.org.br; kobiyama@ens.ufsc.br

SANTOS, I.; KOBIYAMA, M. D. Aplicação do TOPMODEL para zoneamento hidrológico da bacia do rio Pequeno, São José dos Pinhas – PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 188-202. (CD-ROM)

RESUMO
O presente trabalho mostra a aplicação do TOPMODEL para zoneamento hidrológico da bacia hidrográfica (área de 104 km²) do rio Pequeno, no município de São José dos Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. O modelo hidrológico TOPMODEL pressupõe que a dinâmica da água é influenciada pelas características do solo e do relevo de toda a bacia contribuinte, fornecendo como resultado, além da vazão do rio, a distribuição espacial da umidade no sistema (zonas saturadas e áreas secas) ao longo do tempo. Os mapas de áreas saturadas foram analisados frente ao uso do solo e às áreas de preservação permanente de mata ciliar. O TOPMODEL apresentou boa aderência entre as vazões observadas e calculadas, confirmando sua eficiência em regiões de clima úmido e relevo suave. Os resultados da simulação mostram grande potencial de aplicabilidade no planejamento ambiental, pois permitem discutir e orientar as ações antrópicas sobre o meio físico com base no entendimento dos processos naturais.
Palavras-chave: TOPMODEL, zona saturada, Rio Pequeno.

TOPMODEL APPLICATION FOR HYDROLOGIC ZONING OF THE PEQUENO RIVER WATERSHED, SÃO JOSDÉ DOS PINHAIS - PR

ABSTRACT
The present work shows TOPMODEL application for hydrologic zoning of the Pequeno river watershed (104 km²) in the municipal of São José dos Pinhais, Metropolitan Region of Curitiba, Paraná State, Brazil. The hydrological model TOPMODEL supposes that the water dynamics is influenced by the soil and hillslope characteristics of the whole watershed, and calculates, as result, the river discharge as well as the spatial distribution (saturated and unsaturated areas) of the soil humidity in the system through the time. The maps of saturated areas were analyzed with the land use and the riparian vegetation (permanent preservation). The TOPMODEL had a good adjustment between the observed and calculated discharge, confirming its efficiency in regions of humid climate and gentle relief. The simulation results showed high application potential for the environmental planning, because they allowed to discuss and to guide the human actions on the environment with base on the understanding of the natural processes.
Key-words: TOPMODEL, saturation zone, Pequeno river.

1. INTRODUÇÃO

As distribuições espaciais e temporais dos recursos hídricos vêm se tornando mais heterogêneas devido à ação humana intensa e sem planejamento correto, prejudicando os sistemas naturais e a própria sociedade. No Brasil a bacia hidrográfica foi definida, de acordo com a Lei Federal N° 9433/97, como “a unidade territorial para implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento

de Recursos Hídricos". Esse arcabouço legal altera, também, a demanda por produção científica. Assim, estudos em bacias hidrográficas tornam-se fundamentais para o planejamento ambiental.

A bacia do rio Pequeno (área de 134 km²) localiza-se no município de São José dos Pinhais, na região metropolitana de Curitiba, estado do Paraná, Brasil. Devido ao crescimento acelerado da região, esta bacia vem sofrendo pressões ambientais, principalmente pela expansão da ocupação urbana sem planejamento. Neste contexto, torna-se necessário um zoneamento ambiental com base em conhecimento técnico relativo aos processos naturais atuantes na bacia.

O procedimento para estabelecer tal zoneamento é complexo e requer mão-de-obra e tempo, sendo portanto, vantajosa a utilização de técnicas de modelagem computacional. Os modelos que tratam dos processos precipitação-vazão apresentam grande capacidade de representar conceitualmente a dinâmica da água na bacia hidrográfica. A modelagem destes processos pressupõe o conhecimento detalhado do ciclo hidrológico dentro de uma bacia hidrográfica. Com base no conhecimento destes processos, surgiu o conceito de área variável de afluência (*variable source area*) e o fluxo subsuperficial foi reconhecido como um dos processos mais importantes na geração do escoamento (KIRKBY, 1978), pela própria contribuição do escoamento de retorno (*return flow*) e a sua influência preponderante no escoamento direto.

Considerando que a topografia apresenta uma grande influência no movimento de água subterrânea e que controla igualmente o movimento de água na superfície, pode-se fundamentar um modelo de dinâmica de bacias na idéia de que a topografia é a característica de paisagem mais importante no controle do fluxo de água. Estas considerações tornam o relevo um elemento importante no ciclo hidrológico e permitiram o desenvolvimento de modelos que levassem em consideração estes processos, sendo o TOPMODEL (BEVEN & KIRKBY, 1979) um dos mais difundidos entre os que possuem esta característica.

Portanto, o presente trabalho trata da aplicação do TOPMODEL na bacia hidrográfica do rio Pequeno, para obter o zoneamento hidrológico com base na dinâmica das áreas saturadas.

2. TOPMODEL

O TOPMODEL é determinístico, semidistribuído e fisicamente baseado. O TOPMODEL pressupõe que a dinâmica da água resulta das características do solo e do

relevo de toda a bacia contribuinte, fornecendo como resultado, além da vazão do rio, a distribuição espacial da umidade no sistema (zonas saturadas e áreas secas) ao longo do tempo, permitindo estimar através de calibragem valores característicos de algumas propriedades físico-hídricas do solo (por exemplo, transmissividade).

Em sua formulação o TOPMODEL utiliza relações físicas para reproduzir o comportamento de alguns dos processos hidrológicos e também para representar a bacia hidrográfica. Com base em BEVEN et al. (1995), MINE & CLARKE (1996), BEVEN (1997), TUCCI (1998), HORNBERGER et al. (1998) e BEVEN (2001), SANTOS (2001) sintetizou um resumo da base conceitual do modelo, cujos principais componentes são: armazenamentos e fluxos na zona não-saturada; armazenamentos e fluxos na zona saturada; e propagação do fluxo na sub-bacia. O modelo considera as seguintes hipóteses:

H1 - a dinâmica da zona saturada pode ser obtida por sucessivas representações de estados uniformes ("*steady-state*");

H2 - o gradiente hidráulico da zona saturada é igual a declividade local do terreno;

H3 - a distribuição da transmissividade com a profundidade do solo ocorre segundo uma função exponencial;

H4 - no intervalo de tempo existe homogeneidade espacial da taxa de recarga que contribui para a área saturada.

3. ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Pequeno está compreendida integralmente nos limites do município de São José dos Pinhais, entre as coordenadas 25°29' e 25°37' de latitude sul e os meridianos 48°58' e 49°11' de longitude oeste. A área total de drenagem é de 134 km², tendo como limites: ao norte a bacia do rio Itaqui, ao sul a bacia do rio Miringuava, a leste o relevo montanhoso da Serra do Mar e a oeste o rio Iguaçu.

A bacia está localizada no Primeiro Planalto Paranaense (MAACK, 1968), com as nascentes localizadas na encosta ocidental da Serra do Mar sobre a formação geológica de migmatitos e granitos associados do período pré-cambriano. Desenvolve-se no sentido geral leste-oeste atravessando a formação Guabirotuba do pleistoceno, indo desaguar no rio Iguaçu, que possui em suas planícies sedimentos recentes (holoceno) denominados aluviões (CODEPAR, 1967).

A bacia do rio Pequeno, segundo a classificação de Köppen, apresenta o tipo climático Cfb que se caracteriza como "clima temperado propriamente dito; temperatura média do mês mais frio abaixo de 18ºC (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida" (IAPAR, 1994). A precipitação média anual da região é de aproximadamente 1400 mm, bem distribuídos ao longo do ano.

A Figura 1 mostra a localização da bacia hidrográfica do rio Pequeno, destacando também a localização das estações: pluviométrica Chácara Guajubi (Código: 02549123, localizada nas coordenadas 25°33' de latitude sul e 49°04' de longitude oeste) e fluviométrica Fazendinha (Código: 65010000, nas coordenadas 25°31' de latitude sul e 49°11' de longitude oeste), localizada no rio Pequeno e que drena uma área de 104 km². Portanto, o presente trabalho considera a "bacia hidrográfica do rio Pequeno" como área afluente à estação fluviométrica Fazendinha com 104 km².

4. MATERIAS E MÉTODO

O presente trabalho utilizou a versão (97.01) do TOPMODEL elaborado por UNIVERSITY OF LANCASTER (1998). O modelo possui cinco parâmetros de entrada que exigem calibração com valores médios para a bacia (Tabela 1).

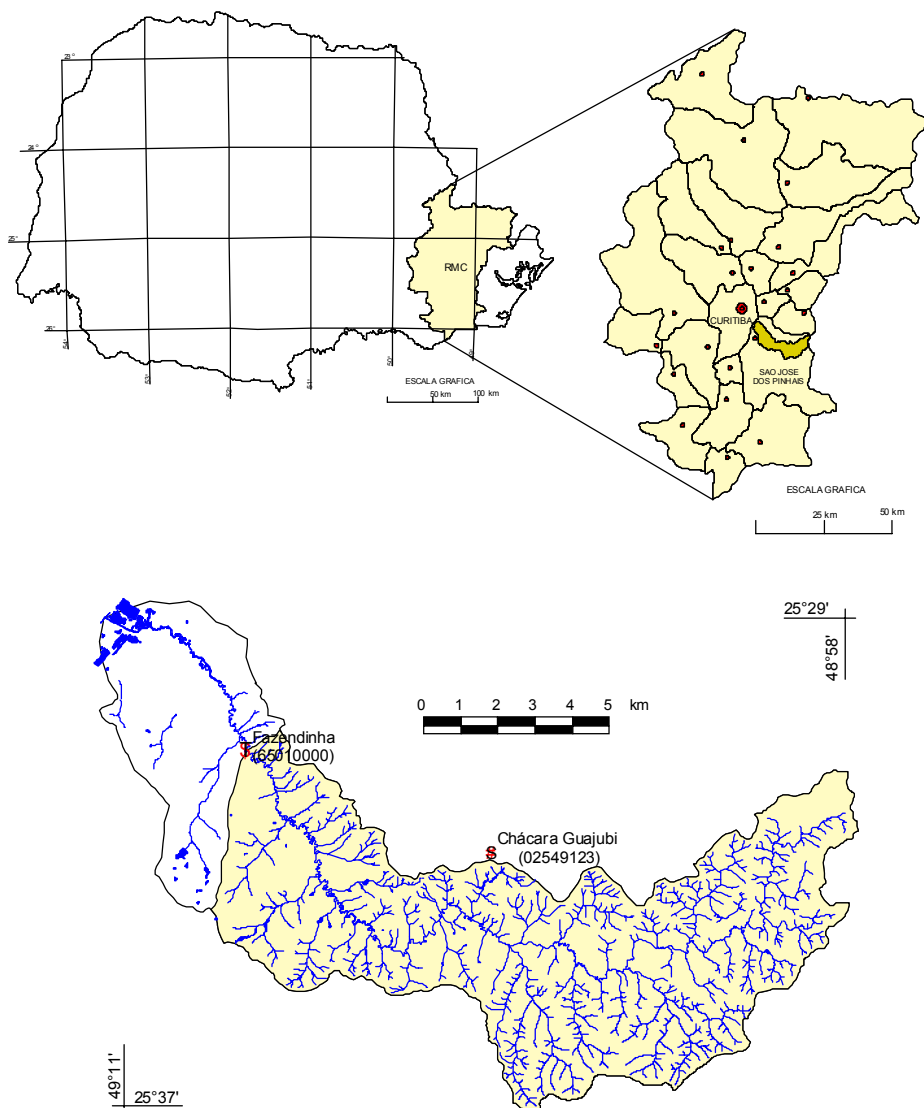



Figura 1 – Localização da bacia do rio Pequeno.

Tabela 1 - Parâmetros de entrada no TOPMODEL.

Parâmetro	Descrição	Unidade
m	Parâmetro da função de transmissividade exponencial ou curva de recessão	m
$\ln(T_0)$	Transmissividade efetiva do solo saturado	$m^2\ h^{-1}$
SR_{max}	Capacidade de água na zona de raízes	m
SR_{init}	Déficit de armazenamento inicial na zona de raízes (proporção de SR_{max})	m
$ChVel$	Velocidade da propagação superficial (assume propagação linear)	$m\ h^{-1}$

O modelo utilizou também dois parâmetros de bacia, distribuídos espacialmente e obtidos a partir das características geomorfológicas, um dado pela distribuição do índice topográfico e outro dado pelas características da bacia de propagação.

As variáveis de entrada necessárias para calibração/simulação do modelo são precipitação, vazão observada e evapotranspiração potencial.

Em função das características do modelo e do tamanho da área da bacia, optou-se pela utilização de dados horários. Assim, foram utilizados dados de vazões médias horárias da estação fluviométrica Fazendinha (automatizada pela SUDERHSA) entre agosto de 1999 e dezembro de 2000.

Foram utilizados na modelagem também os dados horários de precipitação da estação Chácara Guajubi. Como esta estação está localizada na região central da bacia do rio Pequeno, optou-se por não fazer correção espacial da precipitação, ou seja, a precipitação observada neste local foi considerada como sendo igual a média sobre a bacia.

A evapotranspiração potencial diária foi calculada pelo método de Penman Modificado (DOORENBOS e PRUIT, 1992) a partir dos dados meteorológicos diários da estação meteorológica Piraquara/Pinhais do IAPAR/SIMEPAR (02549041), localizada no município de Pinhais com 25°25' de latitude sul e 49°08' de longitude oeste e altitude de 930 m.

Para entrada no modelo, os valores de evapotranspiração diária foram convertidos em dados horários, sendo distribuídos entre os horários de maior insolação (07h às 17h) a partir de coeficientes de ponderação utilizados por MINE (1998) e mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Coeficientes de ponderação para evapotranspirações horárias.

Hora do dia	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**
Coeficientes	0,034	0,066	0,094	0,114	0,127	0,132	0,127	0,114	0,094	0,066	0,034

A Figura 2 mostra o fluxograma de integração das atividades e dados necessários para simulação do modelo.

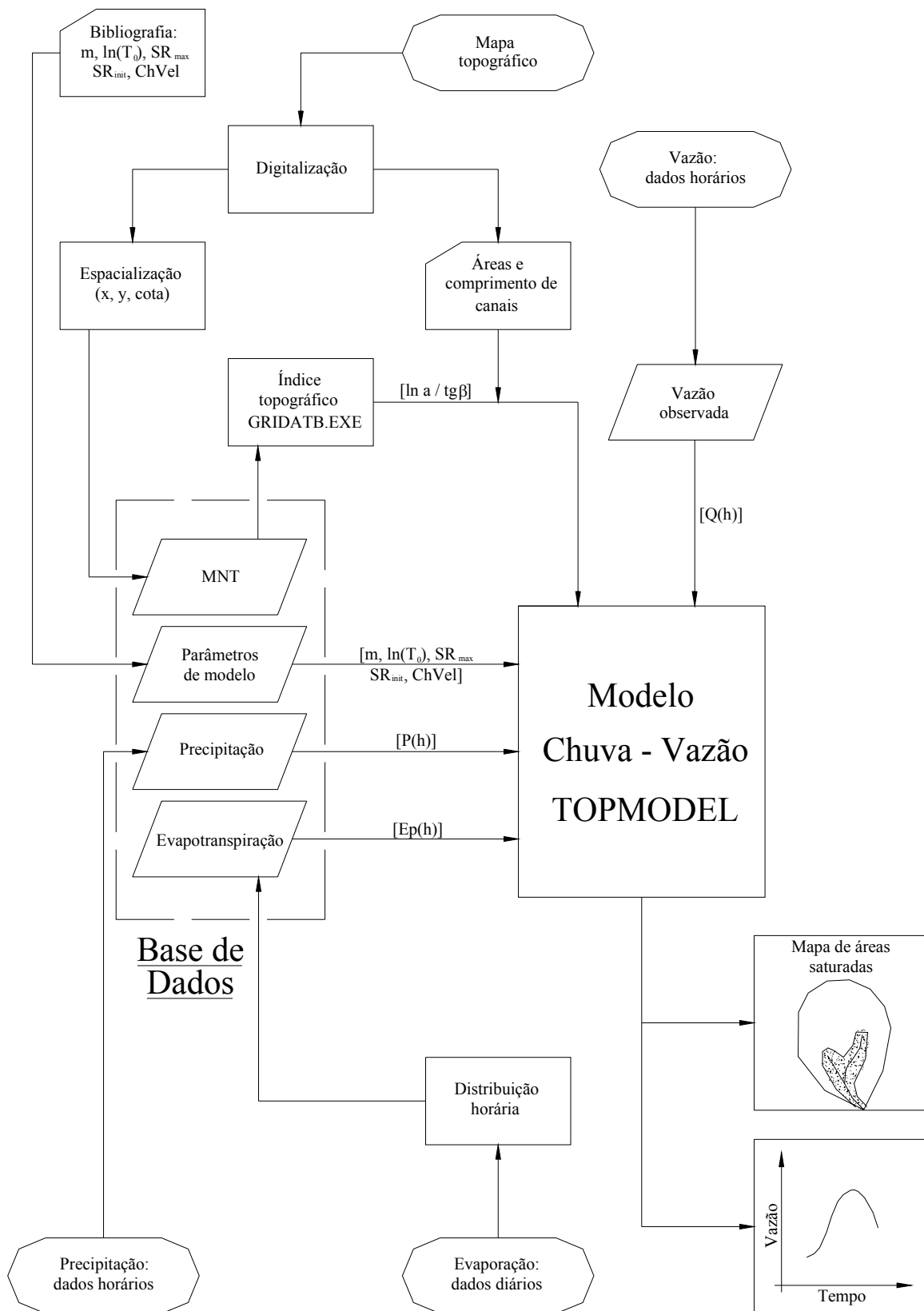



Figura 2 - Fluxograma de atividades para utilização do TOPMODEL.
Fonte: Modificado de VARELLA & CAMPANA (2000).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Parâmetros

A versão do TOPMODEL utilizada possui o limite de 2500 intervalos de tempo em cada simulação. Em função desta limitação a série de dados foi dividida em 6 períodos, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Valores dos parâmetros obtidos na calibração do TOPMODEL

Período	Início	Final	*m*	ln (T_0)	*SRmax*	*SRinit*	*ChVel*	*E*
1	14/08/99	30/09/99	0,030	0,05	0,0030	0,001	500	0,776
2	26/09/99	25/12/99	0,030	0,05	0,0005	0,001	460	0,528
3	22/12/99	03/04/00	0,070	0,05	0,0040	0,001	460	0,576
4	31/03/00	08/07/00	0,070	0,05	0,0040	0,001	500	0,732
5	05/07/00	01/10/00	0,024	0,05	0,0020	0,001	500	0,874
6	28/09/00	31/12/00	0,030	0,05	0,0020	0,001	480	0,702
Média			0,042	0,05	0,0026	0,001	483	0,698

Para cada período foi ajustado o melhor conjunto de valores dos parâmetros para a estimativa das vazões. Estes valores são apresentados na Tabela 3 juntamente com os valores de eficiência medidos pelo índice de Nash e Sutcliffe [E = 1 – (variância dos resíduos/variância dos valores observados)].

A análise da qualidade de uma simulação é em geral realizada através da medida de aderência entre as vazões observadas e simuladas. O índice E indica que quanto melhor o ajuste entre os dois conjuntos de valores, mais próximo de 1 é o valor E. Valores de $E \geq 0,7$ indicam alta eficiência no ajuste do modelo (IORGULESCU et al., 1994; MINE & CLARKE, 1996). De maneira geral, os valores dos parâmetros mantiveram-se coerentes com as grandezas físicas às quais estão associados.

Para o parâmetro ln(T_0) foi encontrado o valor de 0,05 m²/h para todos os períodos, o que representa uma transmissividade do solo de: $T_0 = e^{0,05} \cong 1,05$ m²/h.

Esta transmissividade equivale a condutividade hidráulica saturada de 0,03 e 0,015 cm/s para solos com profundidade média de 1 e 2 metros, respectivamente. Estes valores são condizentes com valores obtidos em medições diretas, como mostrado a seguir.

MONTGOMERY & DIETRICH (1995) calcularam a condutividade hidráulica a partir de dados piezométricos e encontraram valores de 0,1 a 0,01 cm/s em solos rasos e abaixo de 10^{-7} até 10^{-8} cm/s em depósitos coluviais. WU & SIDLE (1995) encontraram

valores de condutividade hidráulica saturada em torno de 0,8 m/h ≅ 0,02 cm/s para diferentes profundidades e tipos de solo. Assim, é razoável o valor de T_0 obtido no presente trabalho, supondo-se que a profundidade do solo varia entre 1 e 2 m.

5.2. Hidrograma

A Figura 3 mostra os hidrogramas das vazões horárias observadas e calculadas, a Figura 4 apresenta um gráfico com as vazões acumuladas no tempo e a Figura 5 mostra a correlação entre as vazões observadas e calculadas. Estes resultados indicam um bom ajuste do modelo à bacia estudada, com coeficiente de determinação R^2=0,75 entre as vazões calculadas e observadas.

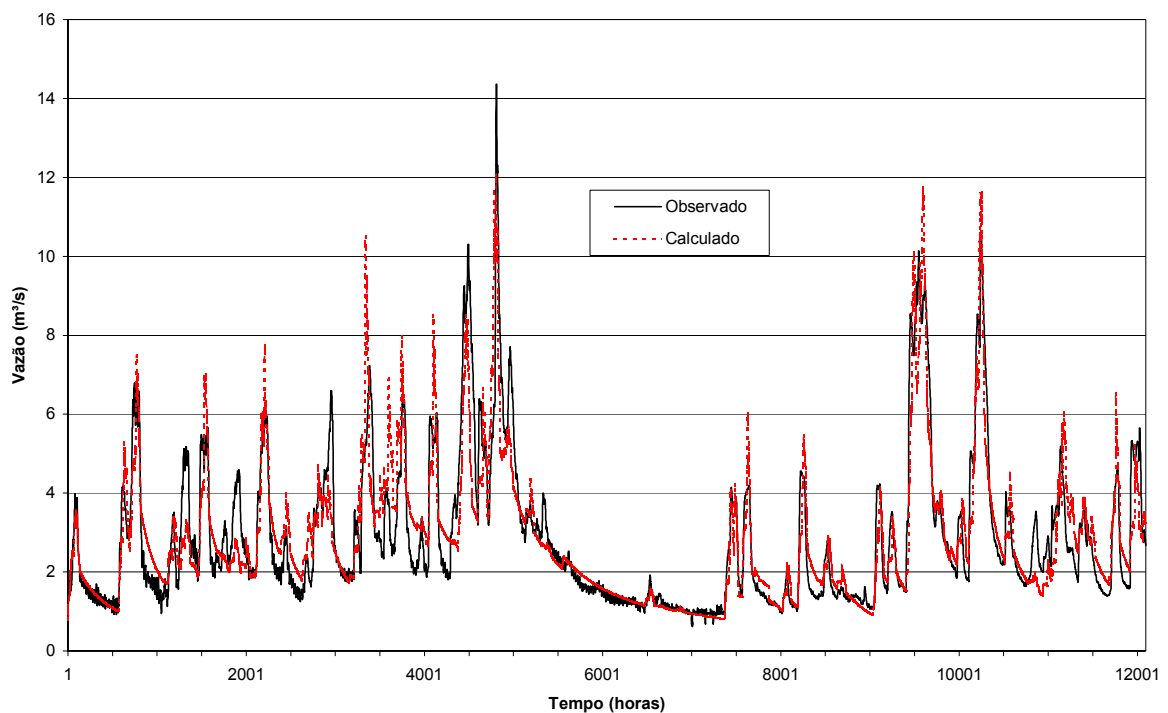



Figura 3 - Hidrogramas de vazões observadas e calculadas

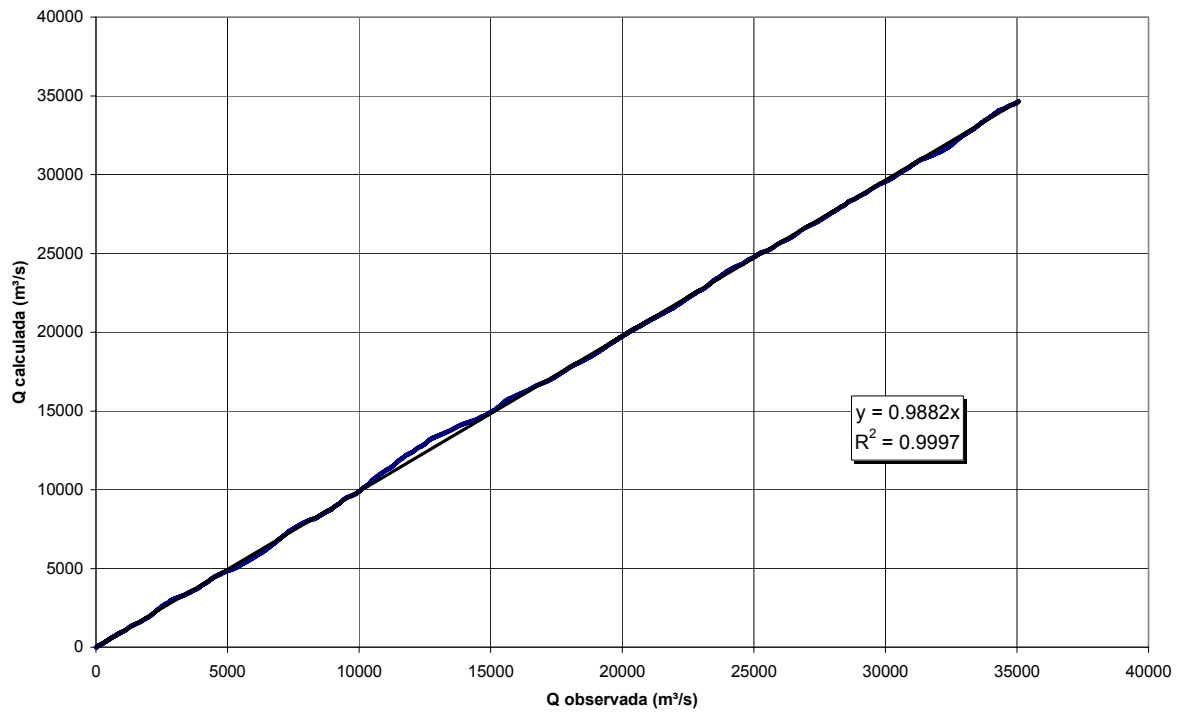



Figura 4 - Vazões observadas e calculadas acumuladas no tempo.

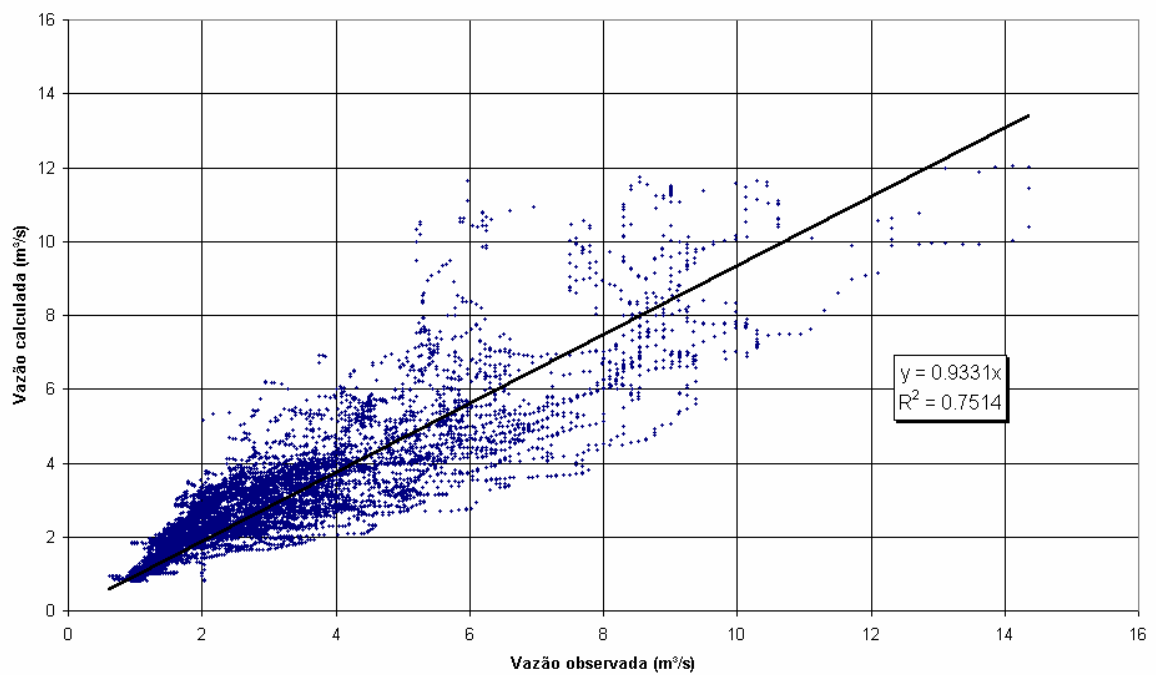



Figura 5 - Coeficiente de determinação entre vazões observadas e calculadas.

5.3. Zoneamento

Da simulação do TOPMODEL resulta também um mapa com as áreas saturadas para cada intervalo de tempo definido na modelagem. Como o intervalo de tempo adotado foi de uma hora, obteve-se 12.000 mapas que reproduzem a dinâmica das áreas saturadas no tempo e no espaço.

No período simulado, 14/08/99 a 31/12/00, a porcentagem de áreas saturadas em relação a área total da bacia variou entre 15,8% e 32,8%. A Figura 6 mostra o mapa de zona saturada, mínima e máxima, para o período simulado.

O valor mínimo de 15,8% se manteve constante durante os períodos mais secos. Este valor está coerente com o observado na bacia, pois a configuração topográfica da mesma favorece a formação de banhados, que estão presentes ao longo de todo o vale formado por aluviões.

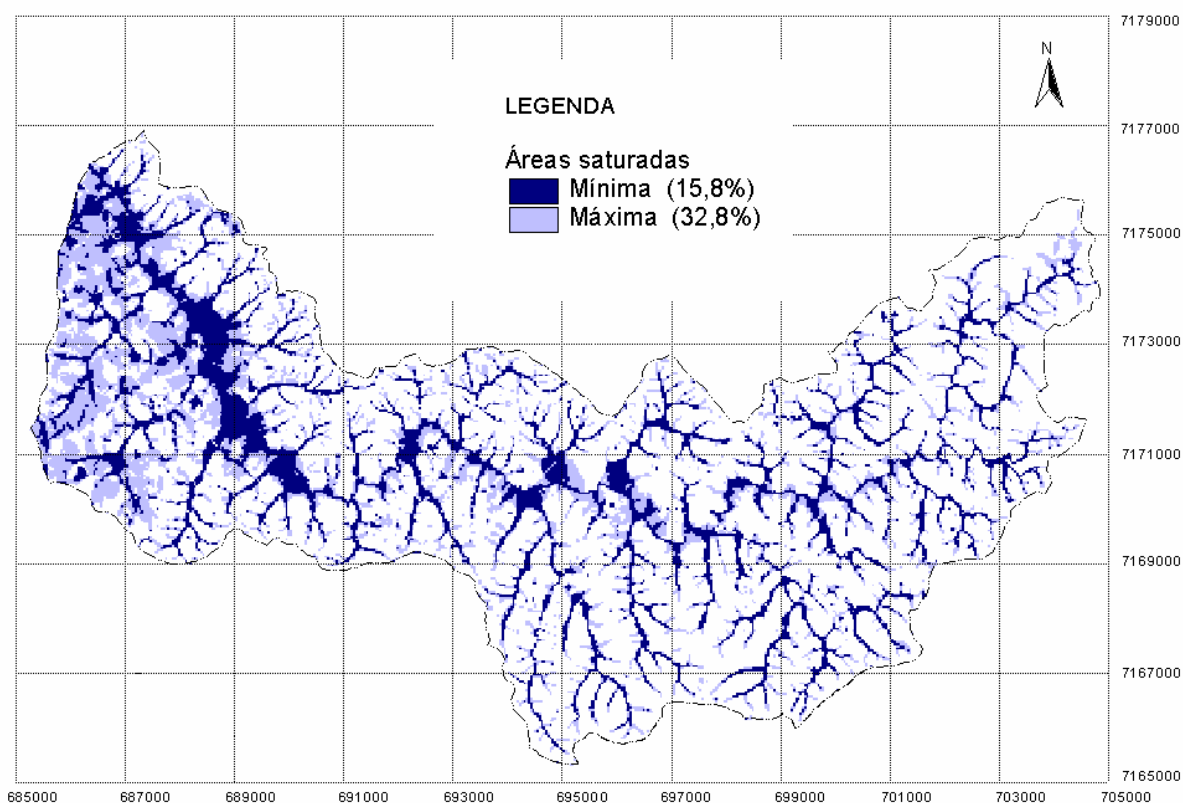



Figura 6 – Mapa de áreas saturadas.

As áreas de preservação permanente correspondentes à mata ciliar da bacia do rio Pequeno possuem uma área de 21 km², que equivale a 20% da área total da bacia. O mapa de áreas de preservação permanente é apresentado na Figura 7. Comparando-se os mapas de áreas de preservação permanente e de áreas saturadas fica evidente que, em grande parte, as mesmas não coincidem espacialmente.

Pode-se considerar que as áreas saturadas da bacia apresentam função hidrológica distinta, ou seja, toda a precipitação sobre estas áreas escoa diretamente para os cursos de água, sem passar pelos processos de infiltração e escoamento subsuperficial, o que provoca o carreamento dos contaminantes existentes na superfície do solo diretamente para os rios.

Outro aspecto ambiental importante é que estas áreas apresentam uma condição de biodiversidade também distinta, com flora e fauna adaptadas às condições de permanência e/ou variação do lençol freático. Portanto, estas áreas possuem também uma importante função ambiental e pode-se considerar a importância de preservá-las.

Considerando-se a possibilidade de preservação ou de uso do solo diferenciado nas áreas saturadas, a Figura 8 mostra um mapa que reúne as áreas de preservação permanente de mata ciliar, definidas por lei, com as áreas saturadas da bacia. Assim, a área de 21 km² (20%) equivalente às áreas de preservação permanente é acrescida de 7,95 km² (8%) de área permanentemente saturada (área saturada mínima) e de 12,71 km² (12%) de áreas saturadas eventualmente por ocasião dos eventos de cheia (área saturada máxima), ambas localizadas fora do limite das áreas de preservação permanente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O TOPMODEL respondeu de forma bastante eficiente às condições ambientais da área de estudo, confirmando a aplicabilidade do modelo em regiões de clima úmido e relevo suave.

A medida de aderência entre as vazões observadas e simuladas, que indica a qualidade da simulação, resultou em um valor $E \cong 0,7$, ficando acima deste valor em quatro dos seis períodos simulados. Este resultado indica alta eficiência no ajuste do modelo.

De maneira geral, os valores dos parâmetros de entrada do TOPMODEL ficaram muito próximos dos valores calculados previamente, ou seja, mantiveram-se coerentes com as grandezas físicas às quais estão associados. O modelo apresentou sensibilidade à inconsistência dos dados observados de precipitação, ressaltando a necessidade de dados observados de boa qualidade e com discretização temporal adequada.

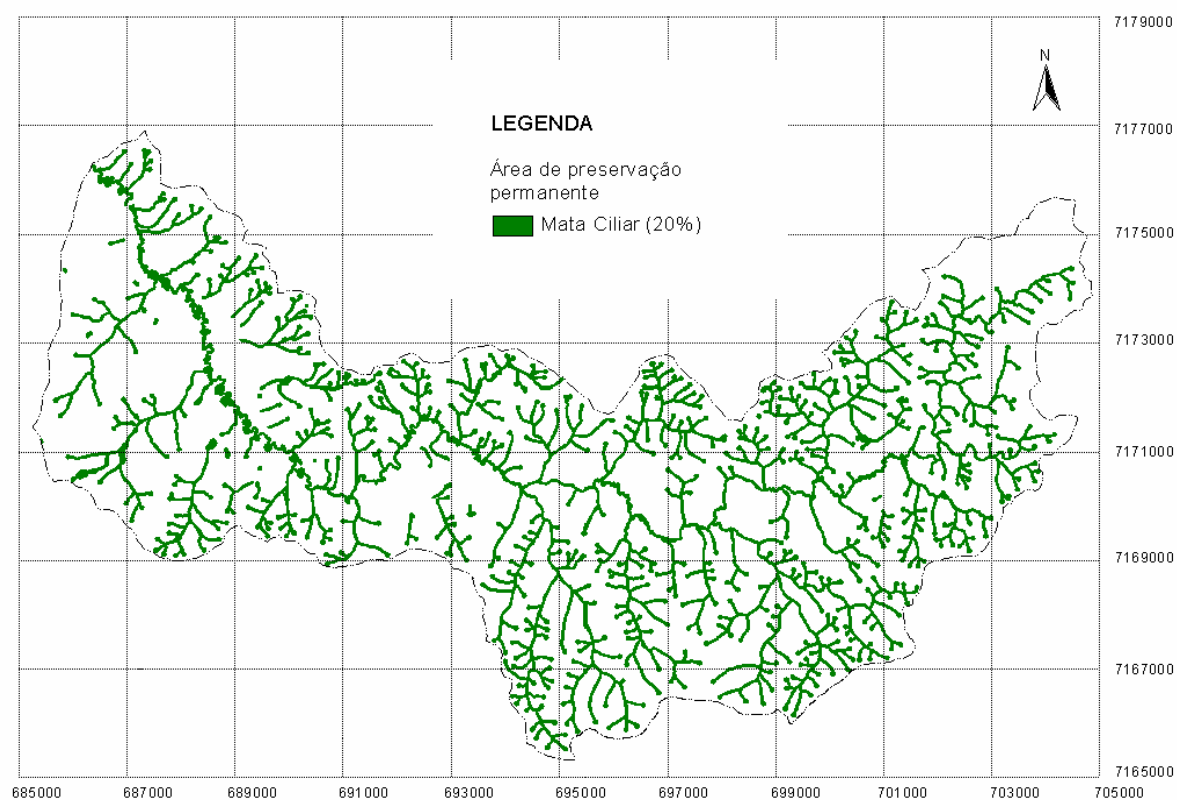



Figura 7 – Mapa de áreas de preservação permanente.

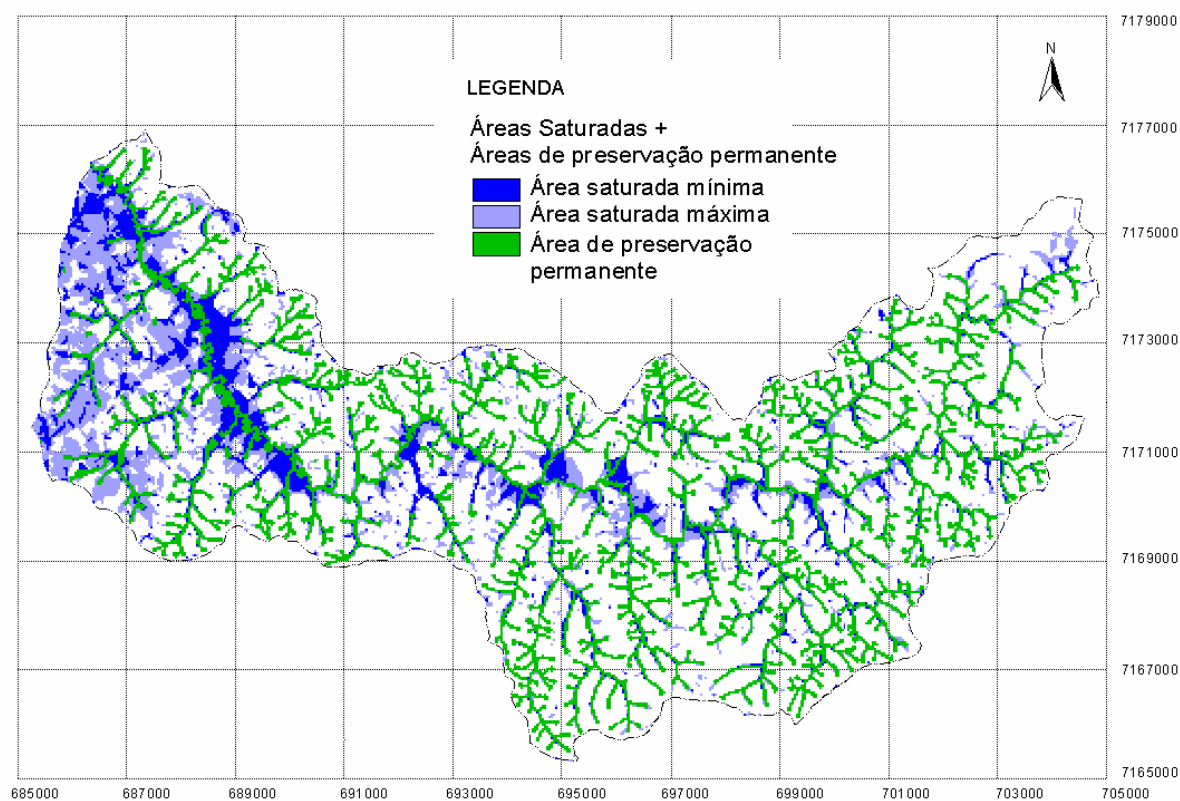



Figura 8 – comparação entre áreas de preservação permanente e áreas saturadas.

No período simulado a porcentagem de áreas saturadas em relação a área total da bacia variou entre 15,8% e 32,8%. O valor mínimo de 15,8% manteve-se constante durante os períodos mais secos e, apesar de aparentemente alto, está coerente com o observado na bacia, pois a configuração topográfica da mesma favorece a formação de banhados.

O modelo utilizado mostrou grande potencial de aplicabilidade no planejamento ambiental, pois permite discutir e orientar as ações antrópicas sobre o meio físico com base no entendimento dos processos naturais. Portanto, torna-se ferramenta de grande utilidade prática para o diagnóstico e análise ambiental, bem como para subsidiar projetos de ordenamento territorial.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEVEN, K. J. **Rainfall-runoff modelling : the primer.** J. Willey, 2001. 360 p.

BEVEN, K. J. **TOPMODEL User Manual - Windows Version 97.01.** Lancaster : Universidade de Lancaster, 1997. http://www.es.lancs.ac.uk/hfdg/topmodel.html.

BEVEN, K. J.; KIRKBY, M. J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. **Hydrological Sciences Bulletin**, 24, p. 43-69, 1979.

BEVEN, K. J; LAMB, R.; QUINN, P.; ROMANOWICIZ, R.; FREER, J. Topmodel. In: SINGH, V. P. (Ed.) **Computer models of watershed hydrology.** Water Resource Publication, 1995. p. 627-668.

CODEPAR. **Folha geológica de São José dos Pinhais.** Escala 1:50.000. Curitiba, 1967.

COELHO NETO, A. L. A abordagem geo-hidroecológica: um procedimento analítico-integrativo fundamentado na geomorfologia, hidrologia e geoecologia. In: FÓRUM GEO-BIO-HIDROLOGIA: ESTUDO EM VERTENTES E MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS (1: 1998: Curitiba) **Anais**, Curitiba: UFPR, 1998. p.26-29.

DOORENBOS, J.; PRUIT, W. O. **Crop water requirements.** Roma: FAO, 1992. 144 p.

HORNBERGER, G. M.; RAFFENSPERGER, J. P.; WIBERG, P. L.; ESHLEMAN, K. N. **Elements of Physical Hydrology.** J. Hopkins, 1998. 302p.

IAPAR. **Cartas climáticas do estado do Paraná.** Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1994.

IORGULESCU, I.; JORDAN, J. -P. Validation of TOPMODEL on a small Swiss catchment. **Journal of Hydrology**, v. 159, p. 255-273, 1994.

KIRKBY, M.J. **Hillslope Hydrology.** Chichester: John-Wiley, 1978. 389p.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná.** Curitiba: Papelaria Roesner Ltda., 350 p., 1968.

MINE, M. R. M. **Método determinístico para minimizar o conflito entre gerar energia e controlar cheias.** Porto Alegre : IPH/UFRGS, 1998. 146 p. (e anexos com 115 p.) Tese (doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MINE, M. R. M. e CLARKE, T. R. O uso do TOPMODEL em condições brasileiras: resultado preliminar. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 89-106, jul./dez. 1996.

MONTGOMERY, D. R.; DIETRICH, W. E. Hydrologic processes in a low-gradient source area. **Water Resources Research**, v. 31, n. 1, p. 1-10, January, 1995.

SANTOS, I. **Modelagem geobiohidrológica como ferramenta no planejamento ambiental: Estudo da bacia hidrográfica do Rio Pequeno, São José dos Pinhais – PR.** Curitiba: UFPR, 2001. 92p. (Dissertação de mestrado em ciências do solo).

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos.** Porto Alegre : Editora Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1998. 669 p.

VARELLA, R. F. e CAMPANA, N. C. Simulação matemática do processo de transformação de chuva em vazão: estudo do modelo TOPMODEL. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 121-139, out./dez. 2000.

WU, W.; SIDLE, R. C. A distributed slope stability model for steep forested basins. **Water Resources Research**, v. 31, n. 8, p. 2097-2110, August, 1995.

A CARTOGRAFIA DIGITAL COMO SUBSÍDIO NA ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DO MORRO DOS SARGENTOS – JOINVILLE/SC

CELSO VOOS VIEIRA[1]
FABIANO ANTONIO DE OLIVEIRA[1]

[1]Departamento de Geografia
Universidade da Região de Joinville
Campus Universitário, s/n – Bom Retiro – Cep 89223-251 – Joinville/SC.
celso.voos@univille.net

VIEIRA, C. V.; OLIVEIRA, F. A. A cartografia digital como subsídio na análise geomorfológica do Morro dos Sargentos – Joinville/SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 203-211. (CD-ROM)

RESUMO
O presente trabalho faz parte de um projeto de Iniciação Científica desenvolvido junto ao Departamento de Geografia da Universidade da Região de Joinville e tem como objetivo principal apresentar as etapas de confecção de produtos cartográficos básicos para um estudo de natureza geomorfológica no Morro dos Sargentos, Joinville/SC. Para a elaboração dos produtos cartográficos foi utilizada base digital em escala 1: 2.000, o que permitiu uma boa descrição da morfologia da área estudada. Após o trabalho de edição gráfica, que consistiu na edição das isolinhas e de seus valores altimétricos, a base foi exportada para ambiente SIG, o que possibilitou a geração de outras cartas, entre elas: carta hipsométrica, carta de declividade, carta de orientação de vertentes e um Modelo Digital do Terreno. Através da utilização da cartografia digital ficou constatada a eficácia das ferramentas de SIG e dos produtos cartográficos gerados como subsídio nas análises dos processos morfogenéticos instalados no Morro dos Sargentos.
Palavras-chave: cartografia digital, geomorfologia, morro dos sargentos.

ABSTRACT
This work is part of an undergraduate scientific project developed at the Department of Geography, University of Joinville, Brazil, and aims to present the steps of preparation of basic cartographic products related to the gemorphological study of Morro dos Sargentos in Joinville. For this purpose it was used a digital cartographic base at the scale 1:2000, what made possible a good description of the morphology. After the graphic edition, where the contour lines were given altimetric values, the cartographic base was exported to a GIS environment, in order to generate an MDT and aspect and hillshade maps. The use o digital cartography indicates that GIS tools and cartographic products are efficient in the analisys of the morphogenetic processes that occur in Morro dos Sargentos.
Key-words: digital cartography, geomorfology, morro dos sargentos.

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Morro dos Sargentos situa-se no Distrito Industrial, porção norte do município de Joinville/SC. Trata-se de área localizada em um vetor de expansão urbana, com amplo contingente populacional estabelecido em seus arredores, o que implica em uma grande pressão ao meio físico, estabelecida por intervenções como retirada de cobertura vegetal e alterações na morfologia da área de estudo.

As áreas adjacentes ao Morro dos Sargentos são caracterizadas por terrenos de baixa cota altimétrica da planície costeira inseridos no contexto do baixo vale da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão, marcadas pelas ocasionais cheias da região. Assim, tanto as áreas mais elevadas, quanto as encostas próximas (em torno de 120m de altitude) acabam

por serem supervalorizadas para implantação de grandes empreendimentos, normalmente industriais.

Sob esta ótica, o presente trabalho tem por objetivo apresentar as etapas de confecção de produtos cartográficos básicos para um estudo de natureza geomorfológica, que visa analisar os processos morfogenéticos instalados em uma área de 40 Km^2, diretamente impactada por processos de deslizamentos induzidos pela apropriação inadequada do meio físico pelo homem.

O emprego da cartografia torna-se de fundamental importância nos estudos geográficos, visto a indispensável descrição do ambiente para o estabelecimento de correlações, análises e sínteses dos fenômenos na área de estudo.

Segundo Tricart (1977: p. 89) o mapeamento "visa definir a inserção das intervenções de um ponto de vista dinâmico, evolutivo e, assim, fornecer elementos de apreciação para a interferência dessas intervenções. Tem por fim contribuir para definir o grau de sensibilidade do meio ambiente em face dos fenômenos espontâneos [naturais] e de nossas intervenções".

A utilização da cartografia digital permite a geração de produtos cartográficos que possibilitam um melhor entendimento dos processos morfogenéticos deflagrados ou acelerados pela intervenção antrópica no Morro dos Sargentos, representado principalmente por cortes e aterros.

Os dados ou produtos cartográficos gerados por meio de técnicas da cartografia digital, tem como finalidade dar suporte às análises de cunho geomorfológico, que permitem uma investigação detalhada da relação existente entre os processos morfogenéticos que ocorrem no Morro dos Sargentos.

As facilidades oferecidas pela cartografia digital são potencializadas com a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como ambiente de trabalho, o que requer cuidados especiais quanto à precisão dos dados que representam o terreno, bem como quanto à relação da escala de abordagem.

Desta maneira, somente a inclusão de dados nos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), através das ferramentas de geoprocessamento, não permite uma análise do ambiente. Os dados têm de ser remetidos a uma visão sistêmica, que considera a organização dos mesmos segundo diversos tipos de relacionamentos, entre os quais ressaltam, para as investigações ambientais, as relações de inserção, justaposição e funcionalidade, etapas de investigação realizada somente pelos pesquisadores (Xavier-da-Silva, 2000).

2. A ÁREA DE ESTUDO

A área pesquisada localiza-se na porção Oeste do Morro dos Sargentos e corresponde a um polígono com uma área total de 4 ha. ou 40 Km^2, local onde são reconhecidas feições côncavas com predominância de vertentes voltadas para noroeste e oeste (80% da área), com declividades elevadas variando entre 17% a 85% (Figura 1).

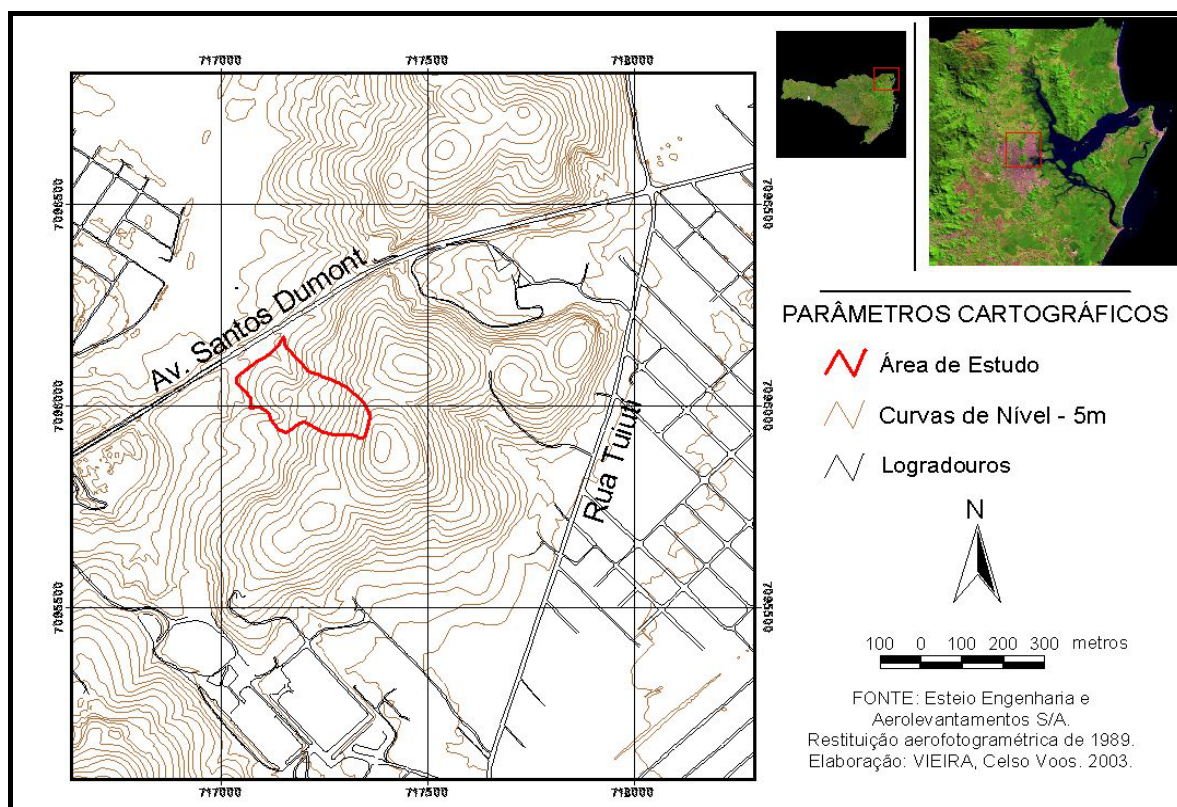



Figura 1 – Localização da Área de estudo.

O arcabouço geológico que sustenta os morros do perímetro urbano de Joinville constitui-se de rochas cristalinas do Complexo Granulítico de Santa Catarina (Complexo Luiz Alves) que, segundo Gonçalves (1993), são formados por rochas metamórficas gnáissicas quartzo-feldspáticas extremamente alteradas com intercalações de quartzito.

No contexto geomorfológico, o Morro dos Sargentos pode ser enquadrado, de acordo com Fatma (2002), no domínio morfoestrutural *Embasamento em Estilos Complexos* inserido na unidade geomorfológica *Colinas Costeiras*, caracterizada por uma sucessão de morros e colinas de pequena amplitude altimétrica geralmente separadas por planos aluviais amplos.

O Morro dos Sargentos faz parte de uma seqüência de colinas extremamente dissecadas com eixo principal de direção N-S, com sistemas de fraturas L-O, onde hoje estão instalados os atuais cursos da água.

O mapeamento de solos apresentado por Fatma (2002), indica que para a área de estudo ocorrem solos do tipo *cambissolo álico e argissolo vermelho amarelo*, que aparecem com maior expressão nos relevos que variam de ondulado a fortemente ondulado, com cobertura vegetal constituída por remanescentes da Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica).

O Município de Joinville, de acordo com Santa Catarina (1986), situa-se numa região de clima tipo superúmido mesotérmico sem estação seca. Segundo dados obtidos da estação meteorológica da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, a precipitação média anual acumulada em Joinville no período de 1996 a 2003 foi de 2.378,09 mm, tendo uma média de ocorrência de chuvas de 155 dias por ano com uma média de 198,24 mm precipitados durante o mês. Porém esses valores podem ultrapassar os 500 mm mensais (599,44 mm - Fev./2001) com impactos diretos no meio físico, como, por exemplo, ocorrência de cheias e deslizamentos.

3. PROCEDIMENTOS

3.1 Preparo da Base Cartográfica

O trabalho teve início com a obtenção da base digital junto a Prefeitura Municipal de Joinville, no Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Joinville (IPPUJ). A base cartográfica, em escala 1:2.000, foi construída a partir de levantamento aerofotogramétrico, realizado nos anos de 1989 e 1990 na escala de vôo 1:8.000, uma vez que o processo de restituição das fotos aéreas, devido à sua resolução, podem ser aumentadas em até quatro vezes, o que permite gerar curvas de nível com eqüidistâncias de 1m. Adotou-se, assim essa escala de trabalho (1:2.000), o que possibilita uma boa descrição da morfologia do Morro dos Sargentos.

O arquivo digital obtido continha vários níveis de informação separados em diferentes *layers*. Foram selecionadas aqueles referentes a curvas de nível, rede hidrográfica, pontos cotados, cobertura vegetal, sistema viário, grade de coordenadas UTM e toponímias.

Obteve-se desta maneira, base cartográfica digital com precisão de 1: 2.000, articuladas em 4 folhas, cada uma com uma cobertura de 1.201 Km^2, totalizando 4.806 Km^2.

A etapa de edição da base cartográfica foi efetuada em ambiente CAD, com o auxílio do programa AutoCAD 2000. Como primeiro passo no processo de edição, foi

efetuado o recorte em todos os *layers* da área que se refere ao Morro dos Sargentos, sendo as demais regiões descartadas.

Verificou-se que o arquivo digital encontrava-se com as isolinhas referentes aos diversos *layers* fragmentadas e até mesmo desarticuladas. Desta maneira, para que se possa gerar um Modelo Digital do Terreno (MDT) em ambiente SIG, as isolinhas foram editadas e organizadas individualmente em elementos gráficos únicos, com atribuição dos respectivos valores altimétricos. Os procedimentos de edição foram então repetidos para os demais níveis de informação (*layers*).

Terminada a etapa de edição, os diversos *layers* foram exportados do AutoCAD 2000, como *Shape Files (.shp)*, para o programa de Sistemas de Informações Geográficas ArcView 8.3, o que permitiu a geração em ambiente SIG de produtos cartográficos como modelo digital do Terreno (MDT), carta clinográfica, carta hipsométrica, carta de orientação de vertentes, carta de convexidade e concavidade e carta de risco.

3.2 Produtos Cartográficos

O primeiro produto gerado no ArcView 8.3, através do módulo *3D analyst* foi o modelo digital do terreno, pelo método TIN (triangular irregular network). O modelo foi efetuado para todo o Morro dos Sargentos que criou uma imagem composta por um total de 47.054 nós e 94069 triângulos. Para otimizar o efeito tridimensional do modelo optou-se por pela graduação de uma única cor, no caso o bege (Figura 2).

A carta hipsométrica (Figura 3), foi elaborada através da redefinição das classes do MDT. No trabalho, optou-se pela definição de seis classes altimétricas que melhor evidenciam a divisão dos processos morfogenéticos visualizados na área de estudo. As classes abrangem as cotas: 5 a 20m; de 20 a 40m; de 40 a 60m; de 60 a 80m; de 80m a 100m e de 100 a 115m. Na figura, ainda, foram conservadas as faces iluminadas do MDT, para acentuar a descrição da morfologia da área.

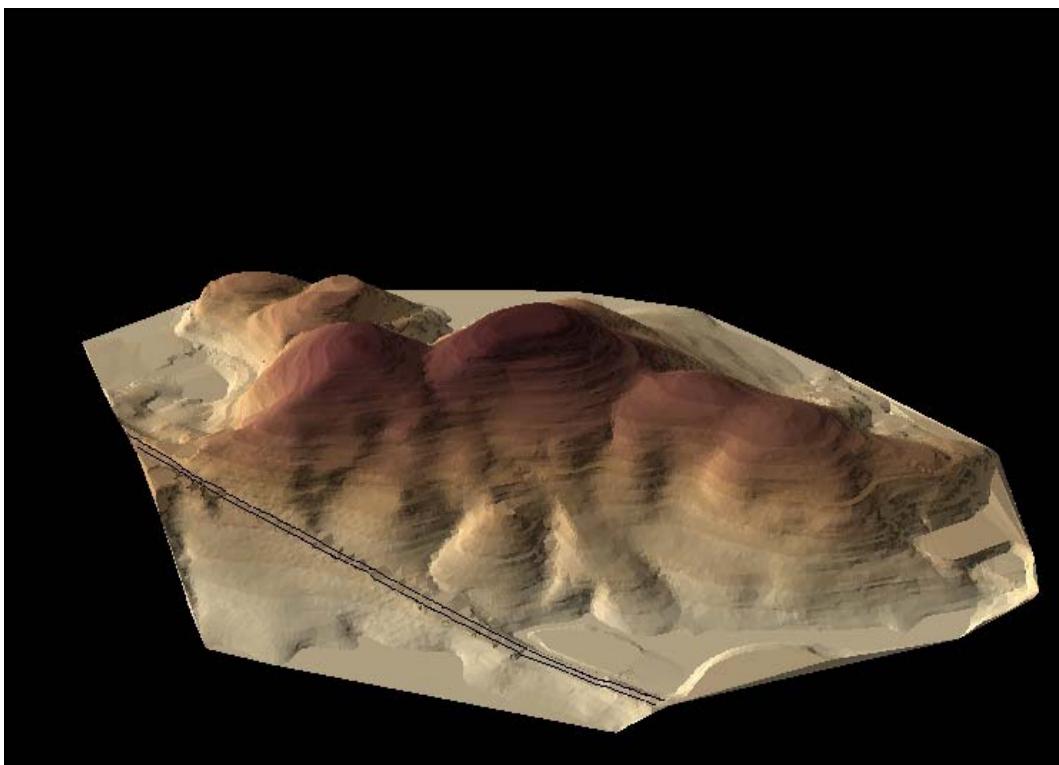



Figura 2 – Modelo digital do Terreno (MDT).

A carta de declividades foi gerada a partir do módulo *3D analyst* através do modelo TIN. A carta possui uma resolução de 2m, o que resulta numa imagem com um tamanho de 796 colunas e 587 linhas. As classes de declividades foram adequadas de acordo com a proposta de De Biasi (1992), que define como valores de classes os limites: inferiores a 3º (5%); de 3 a 7º (5 a 12%); de 7 a 17º (12 a 30%); de 17 a 25º (30 a 47%) e superiores a 25º (47%). As cores utilizadas para a representação das classes adotadas procuram transmitir a idéia de intensidade das declividades (Figura 4).

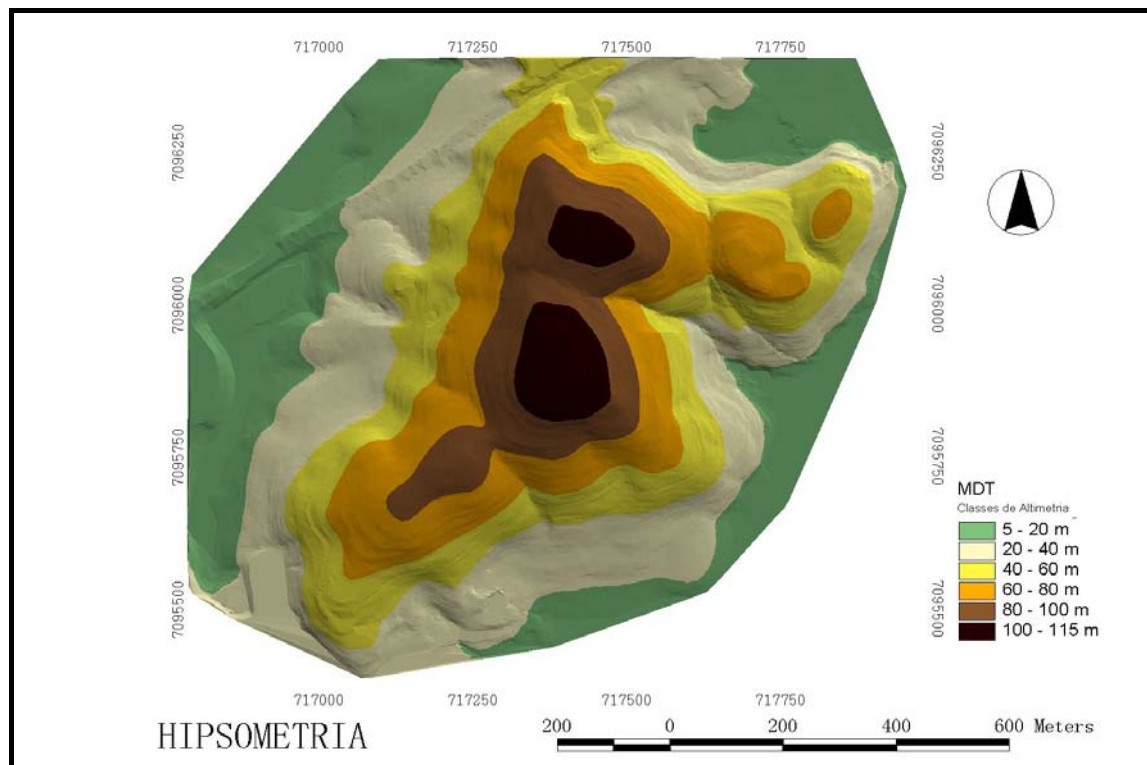



Figura 3 – Carta Hipsométrica

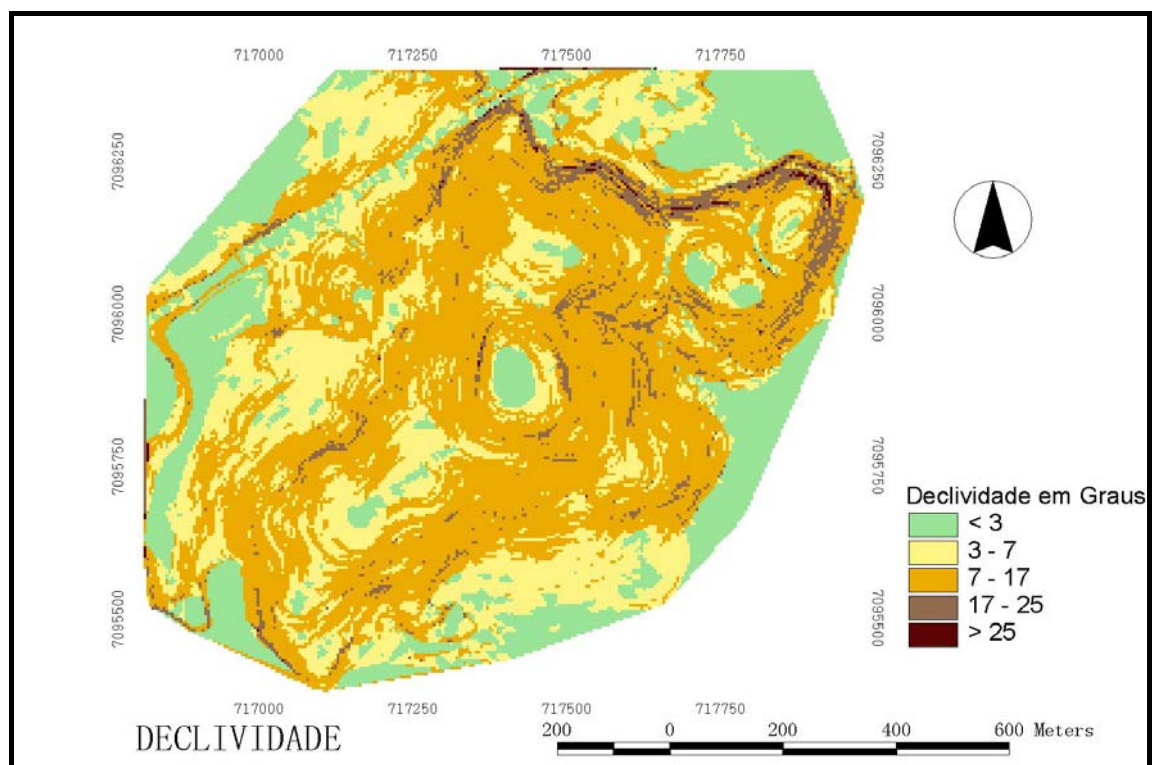



Figura 4 – Carta de Declividade ou Clinográfica.

A carta de orientação de vertentes, foi gerada de modo semelhante à carta clinográfica, a partir do módulo *3D analyst* do programa e do modelo TIN. Esta carta possui a mesma resolução da carta clinográfica, cada pixel possui 2m (igualmente com 796 colunas e 587 linhas). As classes foram estabelecidas de acordo com o trabalho de De Biasi *et. al*.(1977), na qual o autor estabelece a construção de um octógno, cujas faces correspondem a intervalos de 45º em círculo graduado, voltadas para N, NE, E, SE, S, SW, W, NW, no sentido horário.

Para efeito de melhor entendimento do fenômeno representado, utilizou-se uma escala graduada de cores: quentes para as áreas que recebem maior insolação e frias para as áreas que recebem pouca ou nenhuma insolação, com maior valor para as áreas que recebem insolação máxima ou nenhuma (Oliveira *et. al*, 2003). Figura 5.

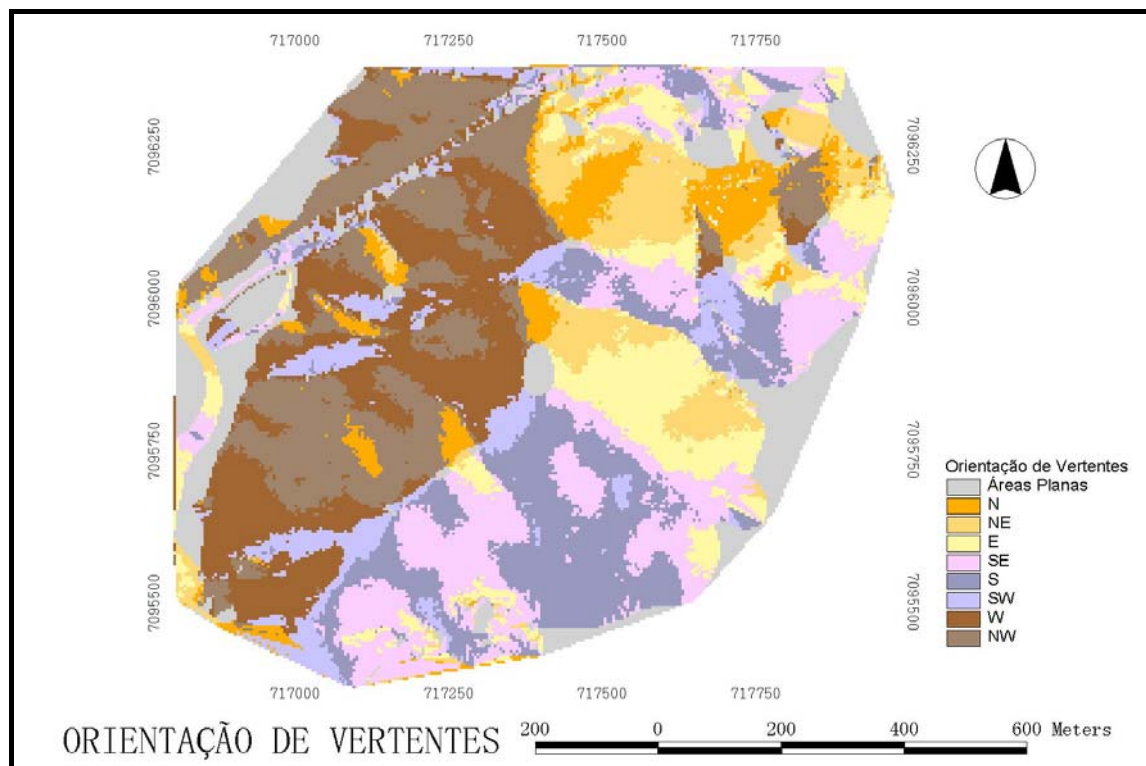



Figura 5 – Carta de Orientação de Vertentes.

Como complemento ao conjunto de produtos cartográficos de análise e síntese será ainda gerada uma carta de risco para o Morro dos Sargentos como subsídio ao planejamento da área de estudo. Esta carta terá por finalidade indicar as áreas mais susceptíveis aos processos morfogenéticos. Para tanto, este processo inclui o cruzamento dos produtos cartográficos gerados até o momento, carta clinográfica, carta de orientação de vertentes, e de outros em fase de execução, entre eles: carta geológica, carta

geomorfológica e de uso do solo. Todos estes dados serão interpolados através da extensão *cartografia de erosíon*, no módulo de análise espacial do ArcView 8.3.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego da cartografia digital e dos Sistemas de Informações Geográficas mostram-se como importantes ferramentas nas análises de cunho geomorfológico. A facilidade de elaboração de cartas temáticas permite a rápida identificação e análise dos fatores relevantes nos processos morfogenéticos que atuam no Morro dos Sargentos. A análise em ambiente SIG, também permite a visualização de elementos importantes na morfodinâmica da área de estudo, como as declividades e o mapeamento das áreas mais úmidas através da orientação das vertentes. Os produtos cartográficos gerados através dessas importantes ferramentas permitem executar análises e sínteses detalhadas de relacionamentos da rede de processos morfogenéticos que pertencem a um determinado ambiente, que serão objeto de divulgação futura.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DE BIASI, M. A Carta Clinográfica: os modelos de repressentação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 6, p. 45-60. 1992.

______. Cartas de Orientação de Vertentes: confecção e utilização. **Cartografia**, n. 4. Instituto de Geografia/ USP, São Paulo, p. 2-11. 1977.

FATMA - FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. **Atlas Ambiental da Região de Joinville: complexo hídrico da Baía da Babitonga.** Florianópolis, FATMA/GTZ: 2002.

GONÇALVES, M. L. **Geologia para planejamento de uso e ocupação territorial do município de Joinville**. São Paulo: USP, 1993. Tese de Doutorado.

OLIVEIRA, F. A., MAZZER, A. M., GONCALVES, M. L., SANTANA, N. A. Elaboração de produtos cartográficos básicos para estudo geomorfológico no complexo hídrico da baía da Babitonga, SC. In: X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2003, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...**, 2003.

SANTA CATARINA, GAPLAN. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

XAVIER-DA-SILVA. Geomorfologia, Análise Ambiental e Geoprocessamento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, n. 1. Rio de Janeiro:2000. p. 48 – 58.

UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DO RISCO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITACORUBI – FLORIANÓPOLIS/SC

FRANCISCO HENRIQUE DE OLIVEIRA[1]
JULIANA FERREIRA PINTO[1]
GUILHERME CLASEN WOSNY[1]
MARIANE ALVES DAL SANTO[1]

[1]Laboratório de Geoprocessamento da FAED/UDESC
Centro de Ciências da Educação – Departamento de Geografia
Rua Deodoro, 265 – Ed. Manoel Maia – 3ºAndar - Sala 43
Centro - Florianópolis/SC - CEP: 88010-020
chicoliver@yahoo.com.br; juliferreira82@yahoo.com.br;
gcwosny@hotmail.com; marianedalsanto@uol.com.br

OLIVEIRA, F. H.; PINTO, J. F.; WOSNY, G. C.; DAL SANTO, M. A. Utilização de geotecnologias para avaliação do risco ambiental da bacia hidrográfica do rio Itacorubi – Florianópolis/SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 212-223. (CD-ROM)

RESUMO
O projeto apresentado utiliza imagem de satélite de alta resolução para atualizar informações e caracterizar dados espaciais visando o planejamento e a gestão do ordenamento e ocupação do território urbano. Além disso, possibilita quantificar os impactos causados pelo homem no meio físico, principalmente em regiões propícias à inundações e deslizamentos, como é o caso da Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi – Florianópolis - SC. Desta maneira, o Laboratório de Geoprocessamento do Curso de Geografia da UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina, utilizando de imagem do sensor Quickbird com resolução espacial de 60cm, está dissecando especialmente o uso de técnicas de interpretação e processamento de produtos digitais. Dessa forma, a utilização dos produtos derivados da imagem satelitária associada a base cartográfica permite em um Sistema de Informação Geográfica obter mapas temáticos de interesse ao planejamento urbano. Sendo assim, através dos resultados gerados define-se um prognóstico da ocupação espacial com vista à gestão ambiental, permitindo avaliações espacializadas das zonas eventualmente inundáveis compreendidas na Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi.
Palavras-chave: sistema de informação geográfica, meio ambiente, sensoriamento remoto, zonas inundavéis.

ABSTRACT
The project use satelite image of high spatial resolution for update informations and characterize spatial datas, aiming urban planning and also organize under law land occupation. Besides, it is possible to quantify, from such images, the environment impacts inflict by the human being, mainly at regions liable to flood, as the case of Itacorubi watershed – Florianópolis – SC. By this way, the Geoprocessing Laboratory of Geography course – UDESC – State University of Santa Catarina, have been manipulating Quickbird satelite image with spatial resolution of 60cm, through techniques of interpretation and processing digital cartographic products. Moreover, the cartographics products stem from satelite images, linked with a cartographic base, and manipulated in Geographic Information System, allow getting thematics maps for urban planning. In such context, with the results of GIS system it is possible got generate a prognostic for environmental manage, based on areas eventually flooded at Itacorubi watershed.
Key-words: geographic information system, environment, remote sensing, flooded areas.

1. INTRODUÇÃO

O Estatuto da Cidade dá respaldo constitucional a uma nova maneira de realizar o planejamento urbano. Sua função é garantir o cumprimento da função social da cidade e da propriedade urbana, o que significa o estabelecimento de "normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-

estar dos cidadãos" (art. 1o). Para isso, o Estatuto da Cidade coloca à disposição dos municípios uma série de instrumentos que podem intervir no mercado de terras e nos mecanismos de produção da exclusão.

Os instrumentos que fazem parte do Estatuto situam-se em três campos: um conjunto de novos instrumentos de natureza urbanística voltados para induzir – mais do que normatizar – as formas de uso e ocupação do solo; uma nova estratégia de gestão que incorpora a idéia de participação direta do cidadão em processos decisórios sobre o destino da cidade; e a ampliação das possibilidades de regularização das posses urbanas.

Sob esta ótica, especial atenção deve ser dada à falta de uma cartografia inteligente à área urbana de Florianópolis - SC, uma vez que esta ferramenta subsidia trabalhos de planejamento e ocupação territorial ordenada, visando, neste caso, delimitar, monitorar e prever áreas de riscos a enchentes e deslizamnetos. Para contrapor esta situação, o avanço tecnológico no uso dos software voltados a geração de cartografia digital planialtimétrica, bem como a cartografia de riscos geoambientais, tornam-se cada vez mais fácil e interativo, permitindo gerenciar e monitorar eficientemente uma cidade. Dessa forma, os mais diversos usuários das geotecnologias propõem novas técnicas de reconhecimento, diagnóstico, gerenciamento e monitoramento espacial através de mapas inteligentes, sejam eles básicos ou temáticos.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) – apresenta-se como sendo outra ferramenta extremamente útil a visualização espacial da área de estudo, em particular sob o ponto de vista estudado neste projeto – pois se torna mais adequado à área urbana, uma vez que as variáveis envolvidas neste contexto são maiores e mais complexas. A escolha da Bacia do Itacorubi – deve-se pelo fato de ser uma região que apresenta um incontrolável índice de ocupação e que a cada dia aumenta, sendo invadidas encostas de forma irregular, o que provoca deslizamentos de solo, desmatamento acentuado, ocupação irregular de fundo de vale, especulação imobiliária, entre outras. Os problemas da região são claramente evidenciados durante os períodos de chuvas, pois com freqüência ocorrem grandes inundações, assim este projeto se caracteriza como sendo uma possibilidade de diagnosticar a real situação do local, bem como simular situações de sinistro, como escorregamento de encostas e inundações, a partir de um valor altimétrico pré-definido.

Neste contexto, a ferramenta SIG associada as imagens de alta resolução e a cartografia digital, permitem ao planejador executar questionamentos inteligentes ao sistema e geração tridimensional da área. Dessa forma, possibilita-se simular e identificar áreas com tendências à inundações, bem como, visualisar as encostas ocupadas irregularmente, os quais apresentam-se relacionadas à insegurança da encosta com gravidade potencial de danos provocados por um escorregamento. Assim, através dos mapas temáticos gerados com a execução deste projeto, serão caracterizados pormenorizadamente os problemas ambientais da região, os quais poderão ser

utilizados como fonte primária do replanejamento urbano, visando a adequação física do Bairro Itacorubi à Lei do Estatuto da Cidade.

2. JUSTIFICATIVA

Com o aumento populacional a demanda pela terra apresenta-se cada dia maior e sua oferta menor. Isto está levando os gestores públicos e privados, bem como pesquisadores a se preocuparem com a otimização da produtividade e do uso e ocupação dos espaços sejam eles urbanos ou rurais. Dessa forma, tanto o setor privado como o setor público precisam ter informações espaciais de uma região, como pré-requisito à tomada de decisão relacionada ao uso e ocupação espacial, que vislumbrem modelos de desenvolvimento sustentável.

Numa situação mais grave encontra-se a área urbana, pois para se implantar uma nova área de loteamento ou ocupação físico espacial qualquer, deve-se tomar cuidado com a preservação ambiental, uma vez que a variável harmonia entre homem-meio físico deve ser respeitada. Assim, há grande dificuldade de um gestor em administrar o espaço físico, especialmente nos centros urbanos. Na situação da Ilha de Santa Catarina - Florianópolis - SC, apresenta-se agregado um valor de preservação ambiental muito mais elevado por ser uma cidade eminentemente turística. Portanto, o planejamento e a gestão urbana para Florianópolis torna-se mais delicada – uma vez que, há a necessidade de dados pormenorizados de impacto ambiental, uso e ocupação do solo, considerando encostas, APP e APL.

O crescimento urbano descontrolado torna-se cada vez mais frequente à ocupação de áreas em condições topográficas desfavoráveis. Problemas que precisam ser previstos na implantação de loteamentos, crescem consideravelmente no parcelamento de áreas com declividade acentuada. O volume e a complexidade das obras de terraplanagem são significantemente maiores na Ilha do que em outras regiões do país. Assim, as decorrências de um projeto mal concebido passam a ter características catastróficas face aos problemas de escorregamento de terra, erosão, assoreamento e enchentes. Tem-se verificado a existência de uma tendência contrária à ocupação de moradores exclusivamente de baixa renda, haja visto as construções de alto nível (mansões), que em alguns locais se contrastam com barracos das áreas faveladas. Portanto, torna-se mais agravante a situação, pois propicia instabilidades, frente à construção de enormes mansões e piscinas em locais onde ocorre mudanças abruptas na geometria dos morros.

Na atual situação do desenvolvimento tecnológico torna-se cada vez mais difícil propor novos modelos de desenvolvimento em um país, estado ou cidade, sem a disponibilidade de uma base de dados cartográfica e alfanumérica adequada e atualizada. A disponibilidade de informações espacial é o ponto de partida para a tomada de decisões. Para a gestão de empreendimentos específicos, como um novo loteamento, é sem dúvida

imprescindível ter conhecimento do espaço geográfico onde se pretende inserí-lo, não esquecendo obviamente de envolver questões ambientais relacionadas.

Voltado ao auxílio da avaliação físico-espacial de uma área urbana, seja ela pré ou pós ocupacional, surgem as geotecnologias, com o princípio de associar bancos de dados robustos a dados gráficos temáticos que espacializam e permitam a quantificação da real situação do local de estudo.

Ter instrumentos eficazes para a gestão ambiental na área urbana significa ter meios de coletar, sistematizar, processar e armazenar dados espaciais em grande escala de determinada área geográfica de interesse. Tal área geográfica deve ser entendida como aquela constituída pelo meio abiótico (geologia, geomorfologia, hidrografia, solos, mares, entre outros) e biótico (vegetação, seres humanos e animais).

O ponto central desta pesquisa e sua contribuição para o saber científico e tecnológico estão no desenvolvimento/adaptação da metodologia de coleta, sistematização e manutenção de dados espaciais, baseado em tecnologias de sensoriamento remoto, mapeamento e sistemas de informação geográfica, visando referendar instrumentos eficazes de monitoramento para a gestão ambiental, capaz de assessorar desastres de cunho geoambiental da Bacia do Itacorubi – Florianópolis – Santa Catarina. Desta forma, utilizou-se imagens de sensores de última geração, desenvolvidas para aplicações ambientais e análise espacial, que visam o monitoramento ambiental, a ocupação urbana e a análise de áreas de riscos, propícios à inundações e deslizes, bem como sistemas computacionais altamente recursivos para a atualização, sistematização e recuperação de dados alfanuméricos. A contribuição sócio-econômica é também de grande relevância, já que a preservação ambiental é de suma importância para uma comunidade florianopolitana, que busca uma melhor qualidade de vida. Assim, é através de uma gestão urbana eficaz que se pode melhor analisar possíveis impactos ambientais, regularizar e ordenar o uso e ocupação do território, tomando como foco norteador a arregimentação do Estatuto da Cidade.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O Projeto visa aglutinar, organizar, atualizar e sistematizar dados e informações espaciais e descritivas relevantes nos campos geotecnológico, procurando melhorar as condições de vida da população do bairro Itacorubi – Florianópolis – Santa Catarina. Especificamente vislumbra-se diagnosticar a situação das áreas passíveis a enchente, bem como monitorar as áreas submetidas à deslizamentos e escorregamentos em áreas de encostas ocupadas irregularmente, associando parâmetros ambientais e tecnológicos as análises. Os resultados devem ser apresentados de modo a permitir a análise e compreensão do atual estágio de oportunidades e ameaças para o desenvolvimento local. A síntese do agrupamento dessas informações permitirá, subsidiar a elaboração de propostas, diretrizes e prioridades, para o desenvolvimento sustentável do conjunto das atividades ambientais e de ocupação espacial organizada na área de estudo. A Figura 01 representa a área de estudo.

Figura 01 – Localização da área de estudo – Bacia Hidrográfica Itacorubi – Florianópolis/SC.

O trabalho encontra-se em processo de execução, portanto alguns resultados já foram obtidos e outros ainda devem ser alcançados. Os objetivos propostos inicialmente garantem a

visualização e manutenção da ocupação espacial da Bacia do Itacorubi – Florianópolis – SC, utilizando geotecnologias e em especial – imagem de satélite de alta resolução Quickbird – 60cm – para caracterizar os problemas ambientas que se apresentam na área. Sob a luz da geotecnologia, o foco do trabalho esta na análise espacial da área de estudo, através de um modelo tridimensional do terreno, que permitem avaliar os processos de enchente submetida à região.

Neste contexto foi necessário utilizar os recursos de alguns software que subsidiaram a geração do Sistema de Informação Geográfica (Geomedia Professional 5.1) e o processamento digital de imagem (Erdas Imagine 8.5), bem como a modelagem 3D do terreno (Image Analyst e ArcScene - ArcMap 8.3)

Através do software Erdas Imagine 8.5 foi possível trabalhar a imagem e melhorar o seu contraste, assim como recortá-la em função da área de interesse, somado a execução dessas tarefas o software ainda gerou as imagens piramidais que favoreceram a sua reconstituição na tela do micro durante o processo de manipulação e análise. Deve-se ressaltar que a imagem Quickbird data de Outubro/2002 e que esta imagem foi adquirida ortorretificada, portanto passível de uso cartográfico e conseqüentemente de se adquirir medidas, calcular áreas, entre outros.

O software Geomedia possibilitou a criação do projeto obedecendo as características de um SIG, a fonte de dados gráfica primária referentes a Bacia do Itacorubi, foi proveniente do trabalho realizado por JÚNIOR (2002). Grande parte dos dados gráficos foram importados e adequados ao formato do Geomedia, somado a utilização dos recursos disponibilizados pela imagem de alta resolução. Assim, através da ferramenta computacional que congrega uma série de técnicas cartográficas, foi possível fazer a conversão dos mapas analógico e digital no formato SPRING para um complexo mapa inteligente no sistema Geomedia.

A imagem importada para o software SIG e o reconhecimento associado a digitalização em tela das quadras existentes no bairro apresentam-se na Figura 02, ainda deve-se esclarecer que para cada quadra foi gerado um banco de dados que garantiu a discriminação alfanumérica da situação de ocupação, bem como a definição das características físico-ambientais.

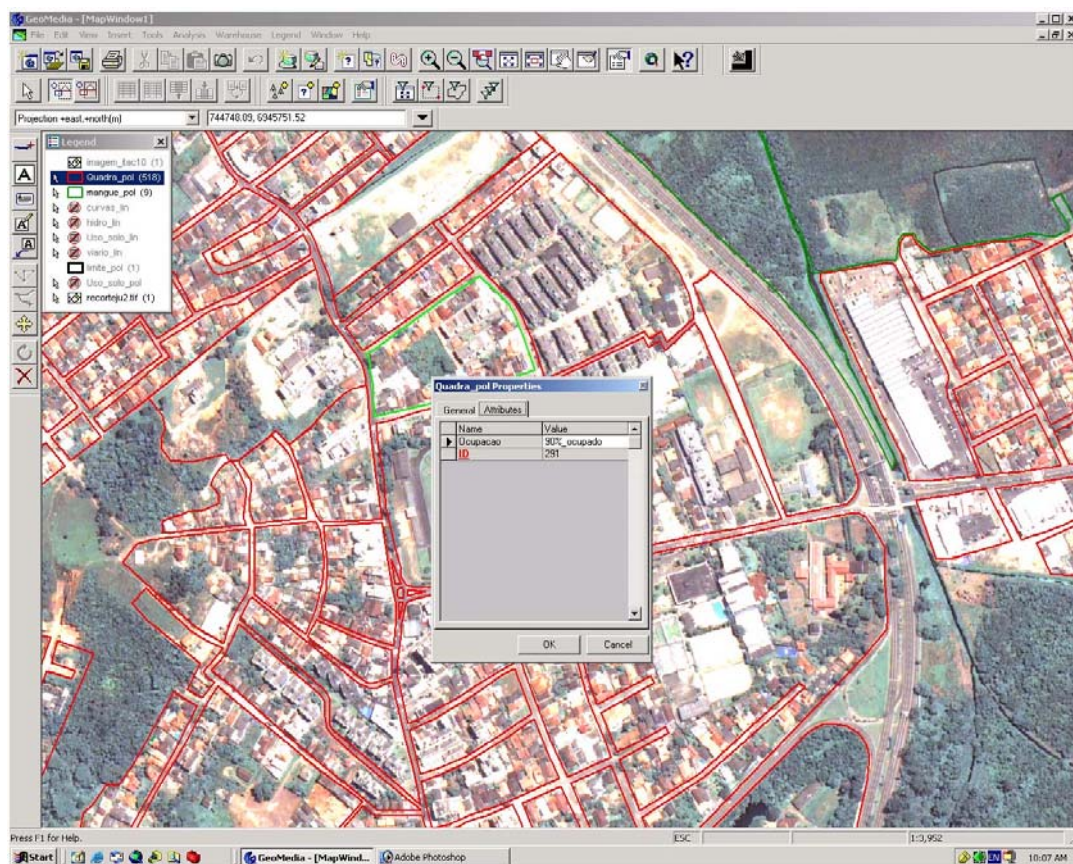



Figura 02 – Digitalização em tela das quadras existentes no bairro Itacorubi e geração do banco de dados.

Ainda foi realizada a digitalização em tela de toda a área pertencente ao mangue, bem como regiões de transição entre mangue e área "impermeabilizada". Agora deverá ser reconhecida e executada sobre a imagem Quickbird a digitalização das áreas invadidas e/ou ocupadas irregularmente sobre o mangue, obviamente seguindo a legislação ambiental em vigor. Esta análise será executada e posteriormente comparada com outros dados cartográficos que comprovem numa situação temporal a variação espacial de ocupação/invasão do mangue.

Uma avaliação minuciosa de ocupação nas áreas adjacentes aos trechos dos rios deve ainda ser feita na Bacia Hidrográfica, considerada de grande importância para a análise espacial, pois está atrelada a legislação de preservação de nascentes de rios e área de proteção. Assim, o recurso computacional utilizado será a criação dE "buffer" ao longo dos trechos do rio, que forma a Bacia do Itacorubi. Na Figura 03 é apresentada a configuração dos rios que formam a Bacia do Itacorubi.

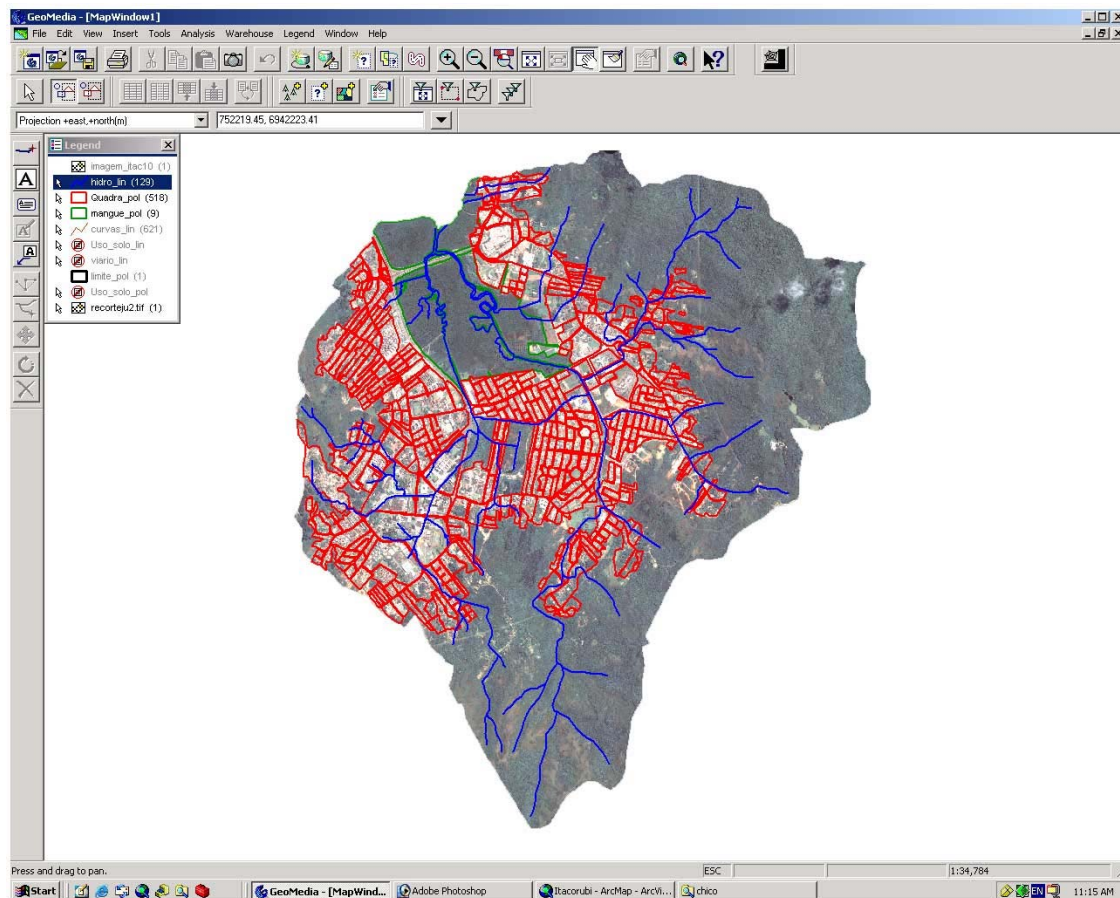



Figura 03 – Configuração geométrica dos trechos de rios que formam a Bacia do Itacorubi - SC

O modelo 3D do terreno e a análise da ocupação das encostas tornam-se pontos primordiais para caracterizar o diagnóstico ambiental da região. Assim, é possível criar e associar à um modelo 3D: mapas topográficos a partir de informações altimétricas para a análise e estudo da ocupação em áreas de encosta e de possíveis nascentes; mapas hipsométricos para a análise das altitudes em virtude dos declives e do grau de erosão da área em questão; mapas de declividade para estudo de sua influência na bacia e possíveis ocupações irregulares; bem como mapas de erodibilidade associado ao declive, que podem causar tragédias e transtornos. Desta maneira, faz-se estudo das áreas suscetíveis à erosão como prevenção a possíveis deslizamentos. Todo este “leque” de produtos cartográficos permite uma análise sócio-espacial da área, possibilitando ao órgão gestor urbano, uma tomada de decisão eficaz e precisa, calcada em pareceres técnicos.

Dos produtos cartográficos, anteriormente descritos, ligados ao estudo tridimensional do terreno, foi desenvolvido a visualização 3D da Bacia do Itacorubi utilizando o software Image Analyst - ArcMap 8.3, conforme mostrado no Figura 04. Entretanto, houve primeiramente a necessidade de se adquirir as curvas de nível e pontos cotados da região em "grande escala" sendo a eqüidistância das curvas de nível de 10m, assim como realizar a edição e tratamento dos dados gráficos vetoriais. A partir de agora serão trabalhados os dados planialtimétricos e conseqüentemente gerados os outros produtos cartográficos conforme já listados.

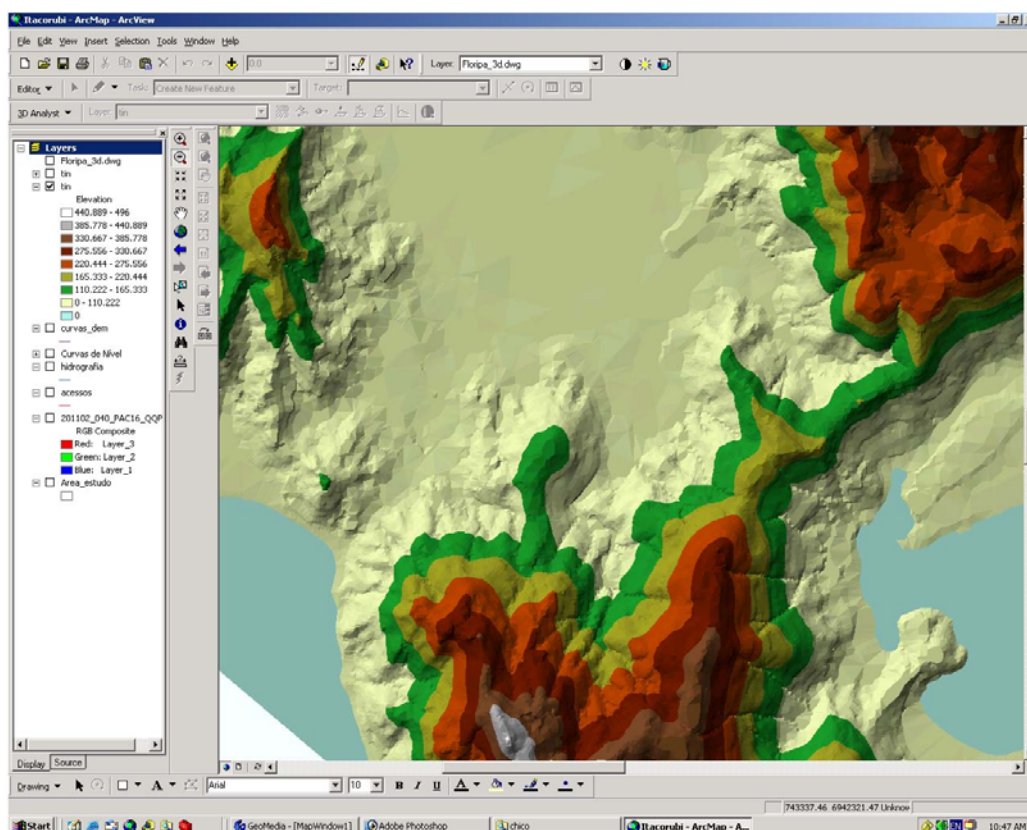



Figura 04 – Modelagem 3D da Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi.

Os mapas temáticos obtidos, sobrepostos a base cartográfica serão referência para a formulação de novas consultas e manipulações geográficas que constituem a essência de um SIG. Assim, poderá de fato estruturar um diagnóstico ambiental Atualizado para a Bacia Hidrográfica do Itacorubi – Florianópolis – SC.

O software ArcScene - ArcView 8.3 que permitiu avaliar os processos de enchente a que se submete a região, sendo passível caracterizar espacialmente os problemas sócio-ambientais da área em questão.

A geração em 3D do terreno, associado a imagem Quickbird só foi possível a partir da grade TIN (Triangular Irregular Network), que visa utilizar diversos pontos irregulares, que permitiu realizar a triangulação, responsável pela geração da modelagem em 3D do terreno da imagem.

Na geração da modelagem em 3D da imagem, que permitiu visualizar a realidade planialtimétrica do terreno, foi simulado um exagero vertical que correspondeu a 1vez a realidade do terreno, permitindo simular claramente a realidade dos sinistros previstos.

A qualidade da simulação 3D está ligada diretamneteao exagero vertical, à equidistância das curvas de nível, aos pontos irregulares e principalmente, à resolução espacial da imagem QuickBird (60cm), que está intrinsicamente associado à distorção do pixel.

Através da utilização dos recursos geotecnológicos citados, verifica-se facilmente o ordenamento e ocupação espacial, ficando claro os lugares não submetidos a ocupação, devido principalmente, às áreas propícias à inundação, à deslizes e escorregamentos do solo, em função da ocupação de encostas.

Sob este enfoque, foi simulada uma inundação de 3m e 6m acima do nível do mar, respectivamente, utilizando o ArcMap 8.3 – ArcScene, como mostrado na Figura 05.

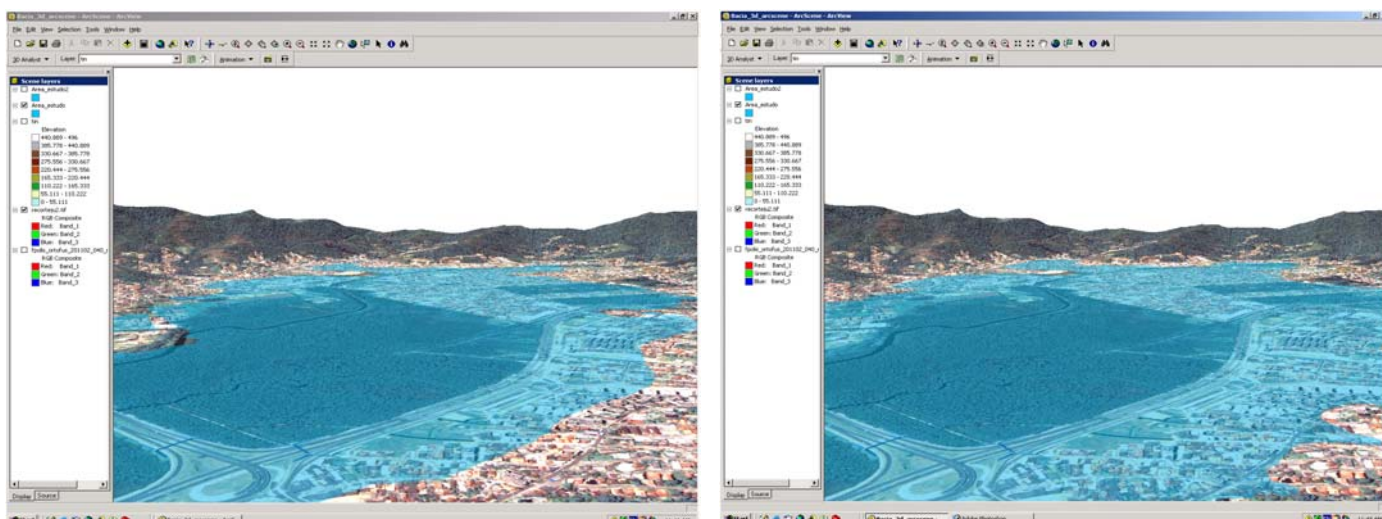



Figura 05: Simulação de Inundações da bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi– 3m acima do nível do mar (figura à esquerda); 6m acima do nível do mar (figura à direita).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema SIG – Geomedia tornou-se um grande aliado ao desenvolvimento do trabalho, pois atingiu os objetivos primários e ainda se encontra em fase de aplicação. A temática ambiental associada a uma bacia hidrográfica é extremamente importante atualmente em função da problemática sobre a água e sobre as novas normas de gerenciamento do recurso hídrico estipuladas pela ANA – Agência Nacional das Águas, bem como analisar e gerenciar as áreas submetidas à inundações, deslizamentos e escorregamentos em áreas de encostas, segundo o Estatuto da Cidade e o Plano Diretor.

As geotecnologias utilizando especificamente software SIG, o processamento digital de imagem e a modelagem 3D do terreno, fornecerão aos decisores parâmetros técnicos e visuais de controle e gerência do meio físico, tornando mais ágil e fácil o planejamento de ocupação espacial, submissíveis ou não à ocupação, bem como, ocupações irregulares e em áreas de risco.

Sob este enfoque, ainda deverão ser gerados alguns mapas temáticos sobre a Bacia do Itacorubi, utilizando a metodologia proposta, entretanto já se podem perceber as deficiências dos gestores no conhecimento espacial e na falta de controle e gerenciamento da área de estudo. A imagem satelitária de alta resolução para o fim a que se propõe este trabalho atuou beneficamente, mas deve-se deixar claro que em momento algum ela foi tomada como parâmetro de cadastramento ou recadastramento, nesse sentido outros métodos cartográficos garantem a rigidez geométrica que dispõe a filosofia do cadastro.

As imagens Quickbird tornaram-se somente um recurso auxiliar de reconhecimento e identificação de áreas vulneráveis, de aglomerados urbanos, definição de padrões de ocupação e ainda determinação de ocupação de áreas invadidas e de criticidade ambiental à enchentes e ocupação de encostas.

No final do trabalho os mapas temáticos deverão atender aos critérios de planejamento e pré-definição à tomada de decisões, obedecendo aos parâmetros definidores do estatuto da cidade e do plano diretor para município de Florianópolis-SC.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores deste projeto agradecem ao Laboratório de Geoprocessamento – GeoLab da UDESC – FAED – Faculdade de Educação que vem suportando a execução prática do trabalho, e que ainda conta com a parceria da empresa Intergraph/Sisgraph, através de programa de cooperação chamado “Intergraph Synergy Program” .

6. BIBLIOGRAFIA

BUENO, L. S. **Estudo em Áreas de Ocupação Urbana com Fatores de risco**: o Caso do Bairro Córrego Grande – Florianópolis/SC, Dissertação de Mestrado – UFSC/Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Cadastro Técnico Multifinalitário, Orientadora: Dra. Édis Mafra Lapolli.

BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Monographs on Soil and Resources Survey N° 12. Oxford, UK, Clarendon, 1986. 193 p.

CARUSO, M. M. **O desmatamento da Ilha de Santa Catarina de 1500 aos dias atuais**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1983.

CECCA. **Unidades de conservação e áreas protegidas da Ilha de Santa Catarina**. Florianópolis: Insular, 1997.

JÚNIOR, J. C. A. **Bacia Hidrográfica do Itacorubi Uso e Ocupação do Solo**: Enchentes como reflexo da dinâmica de urbanização, Trabalho de Conclusão de Curso – UDESC/Curso de Geografia/Florianópolis/SC, Orientadora: Mariane Alves Dal Santo, 66p, 2002.

RODRIGUES, M. Geoprocessamento. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHEIROS CARTÓGRAFOS, 5., 1988, Presidente Prudente. **Anais...** Marília: Gráfica da UNESP, 1988, V.1, p. 144-60.

RODRIGUES, M. Introdução ao geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1., 1990, S. Paulo. **Anais...** S. Paulo; EPUSP, 1990, V.1, p. 1-26.

RISCOS GEOLÓGICOS: A EXPERIÊNCIA DE CAMPO COM ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS

HERALDO CAVALHEIRO NAVAJAS SAMPAIO CAMPOS[1]

[1]Centro Tecnológico - Departamento de Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Catarina
Estrada Vereador Onildo lemos, 2148, apto. 15 A
88058-700 Santinho Florianópolis SC
heraldocampos@yahoo.com

CAMPOS, H. C. N. S. Riscos geológicos: a experiência de campo com estudantes universitários. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 224-230. (CD-ROM)

RESUMO
Este trabalho apresenta os resultados obtidos em áreas em situação de risco geológico de três estados brasileiros: São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Os resultados obtidos são parte dos trabalhos de campo feitos pelos alunos de graduação dos cursos de Engenharia Civil, Geologia e Produção Civil da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
Palavras-chave: situações de risco geológico, escorregamentos, trabalho de campo.

ABSTRACT
This paper presents the results obtained in risk geologic areas situations in the three brazilian states: São Paulo, Rio Grande do Sul and Santa Catarina. The results obtained are part of field investigation undertaken by graduate students of Civil Engineering, Geology and Civil Production courses of the Universidade Estadual Paulista (UNESP), Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) and Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
Key-words: risk geologic situations, landslides, field investigation.

1. INTRODUÇÃO

Neste ano de 2004 atravessamos mais um período chuvoso e várias cidades brasileiras enfrentaram problemas ligados às enchentes e aos deslizamentos em morros. O noticiário dos jornais e da televisão anunciaram verbas do governo federal para atendimento emergencial das comunidades afetadas. Na caça de culpados os administradores públicos e São Pedro foram, mais uma vez, os eleitos preferenciais. Assim, a água, que apareceu nos primórdios do nascimento do Planeta Terra e deu origem à vida biológica, hoje mata.

Geralmente as pessoas mais afetadas são as de baixa renda, porque acabam ocupando as áreas inundáveis e as encostas por falta de opção de moradia. Os terrenos geologicamente instáveis, as chuvas de verão e a construção de casas sem orientação técnica se encarregam dos acidentes. A longo prazo, uma reforma urbana no âmbito dos municípios pode resolver o problema. Nessa reforma seriam re-alocadas as populações que vivem em situações de risco geológico iminente. Não é preciso dizer que isto pode custar caro aos cofres públicos e envolve interesses distintos num mesmo espaço urbano. É um

desafio ao qual os políticos não podem se furtar.

A maioria das universidades estão instaladas em territórios destes municípios. Elas, sejam públicas ou privadas, têm um importante papel social a desempenhar neste cenário. Tomando como exemplos os cursos de Engenharia Civil e de Geologia e numa rápida garimpada em trabalhos publicados em anais de congressos nestes últimos vinte anos, vemos que por iniciativa de alguns professores a sala de aula foi transferida para o campo. Nestes artigos estão registradas as experiências com estudantes universitários numa atividade prática e de ação real com a comunidade.

A seguir serão relatados os estudos realizados nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina nos quais o autor teve participação como professor nos cursos de Engenharia Civil, de Geologia e de Produção Civil em três universidades brasileiras.

2. METODOLOGIA

Na primeira fase do levantamento de campo de cada área estudada foi realizada uma caracterização geral do loteamento/ocupação. Essa caracterização constou do registro de dados em ficha de campo apropriada proposta pela SUDELPA (1985), onde as anotações possibilitaram um diagnóstico dos serviços públicos existentes (rede de esgoto, rede elétrica, abastecimento de água, etc.) bem como do contexto geológico-geomorfológico da área.

Na fase seguinte, em um levantamento lote a lote, conforme o roteiro de observações de campo para um mapeamento de risco localizado de movimentação de massa (IPT, 1988), registrou-se a presença de lixo/entulho, tipo de cultivo, águas servidas em superfície e riscos de deslizamentos.

Materiais como cartas plani-altimétricas, mapas cadastrais, fotografias aéreas, teodolitos, bússolas e trenas, quando disponíveis nas instituições de ensino, foram utilizados como suporte nos estudos.

Os dados uma vez inventariados serviram para a elaboração de relatórios executivos das situações estudadas, trabalhos de conclusão de curso e publicação de artigos em congressos.

3. RESULTADOS

Em 1991 alunos do 4º ano de Engenharia Civil da UNESP (Universidade Estadual Paulista), Campus de Guaratinguetá (SP), realizaram um trabalho em loteamento com áreas de risco de deslizamentos no Morro do Sucupira, na mesma cidade, durante as aulas

práticas da disciplina de Geologia Aplicada (CAMPOS, 1992 e 1994), acompanhado de um alinhamento topográfico, com teodolito e trena, para possibilitar o lançamento em planta das observações de campo.

O loteamento estudado, ocupado por uma população estimada de 400 pessoas, está assentado numa região de morros cristalinos, que se desenvolveram sobre rochas pré-cambrianas, de natureza predominantemente granítico-gnaissica, com cobertura coluvionar. Este material coluvionar pode atingir de 2 a 3 metros de espessura em alguns locais. As declividades dos entornos da área ocupada, entre a parte mais elevada e a inferior da encosta está, em média, ao redor de 45º.

A análise dos dados obtidos permitiu classificar áreas de alto e médio risco de movimento de massa. Como medida preventiva sugeriu-se ao poder público local a re-alocação dos moradores das áreas de alto risco. Para as áreas de risco médio a sugestão recomendada foi a execução de um trabalho de retaludamento, seguido de plantio de gramíneas para a contenção dos taludes. Algum tempo depois, a Prefeitura Municipal de Guaratinguetá promoveu uma re-urbanização na área com base na orientação registrada nestes trabalhos.

Através de um trabalho de conclusão (Curso de Geologia da UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos) realizado na Bacia do Rio Camaquã, situada na porção média-oriental do Rio Grande do Sul (CARDOSO & CAMPOS, 1995) verificou-se que a ausência de saneamento básico, identificada pela localização inadequada de lixões e do lançamento de esgoto cloacal, colaboravam substancialmente no processo de desorganização do espaço territorial. Na época puderam ser identificados alguns casos de ocupação de áreas de riscos em morros nos municípios de Santana da Boa Vista (rochas xistosas) e Camaquã (rochas graníticas), que também apresentava um loteamento com aproximadamente 500 casas em áreas de inundação entre o canal do Passinho e o Arroio Duro. Após o término do trabalho, as prefeituras foram comunicadas sobre os problemas relacionados ao risco.

Os objetivos da disciplina Processos Geológicos Ambientais (Curso de Geologia da UNISINOS) de "apresentar os principais processos geológicos responsáveis pelas alterações ambientais e a participação do homem num quadro de evolução histórica, na criação, aceleração e catalização desses processos promovendo a degradação do ambiente natural; mostrar técnicas de planejamento, manejo e recuperação ambiental", permitiram que alunos da graduação realizassem um estudo lastreado na mesma sistemática de trabalho descrita (CAMPOS et al., 1996) no segundo semestre de 1995. A "sala de aula"

escolhida foi o Moro da Polícia (área de risco “Glorinha) em Porto Alegre (RS). A partir do estímulo provocado pelas atividades práticas desta disciplina concluiu-se no ano de 2000, neste mesmo cenário, um trabalho de graduação seguindo-se os mesmos passos (SCHRECK, 2000).

A área de estudo está assentada em um corpo granítico Pré-Cambriano, apresentando um relevo fortemente acidentado e solos erosionados. No levantamento realizado, em terrenos com declividades no intervalo de 30 a 60%, foram cadastradas 101 moradias, onde estimou-se que viviam 400 pessoas.

A caracterização geotécnica dos lotes ocupados permitiu a ponderação e hierarquização e resultou na seguinte classificação de risco localizado de movimento de massa: 1 moradia de alto risco, com possibilidade de queda e sem atingimento de moradia e 46 moradias em situação de médio risco, sendo que nesta categoria foi possível o zoneamento de 3 setores, todos eles situados onde praticamente a infra-estrutura urbana é mais deficiente e as moradias de menor padrão construtivo. Os fatores mais comuns observados, que podem ser vulneráveis aos humores das chuvas e provocar movimento de massa, estão relacionados aos cortes sub-verticais e aterros do mesmo material destes lotes, associados a deposição de resíduos (lixo/entulho).

O setores do trecho estudado na “Glorinha” identificados como médio risco deveriam merecer uma atenção constante do poder público local, através de um monitoramento técnico articulado com a Defesa Civil da área. Na época, a informação foi encaminhada à Secretaria do Meio Ambiente da Prefeitura de Porto Alegre.

A criação do Curso de Especialização Ciências da Terra e Meio Ambiente (CAMPOS, 1999), que ocorreu em primeira edição em 1996 na UNISINOS, se justificou diante da demanda crescente de atividades voltadas ao equacionamento teórico e prático de problemas ambientais. Dirigido a profissionais de nível superior, como geólogos, agrônomos, geógrafos, engenheiros civis, arquitetos, entre outros, terminou, também, por beneficiar alunos da graduação em Geologia (disciplina de Geotécnica), que participaram com os alunos da pós-graduação de trabalhos práticos.

Um exemplo disso foi a elaboração de relatórios sobre a situação de risco de moradores da Vila Garibaldi, Morro do Chocolate (CAMPOS, 1998). No local, situado no município de Igrejinha (RS), havia ocorrido um deslizamento de terra em Outubro de 1996, com a morte de duas pessoas. O deslizamento ocorreu em um talude de corte de rochas areníticas (Formação Botucatú), de cerca de 20 metros de altura e declividade

média de 45º, envolvendo solo, blocos de rocha e iniciando uma cicatriz no terreno (parte superior do talude) de aproximadamente 650 m².

Durante as atividades de campo do módulo Riscos Geológicos Urbanos realizadas no morro, ministrado pelo Prof. Dr. Leandro Eugênio Silva Cerri da UNESP (Universidade Estadual Paulista), os resultados das avaliações técnicas foram encaminhados, em caráter de urgência, para a prefeitura municipal com as seguintes recomendações: providências imediatas, com a remoção dos moradores de 8 casas localizadas em áreas de risco iminente; paralisação imediata da atividade extrativa vegetal existente no topo do morro e disciplinamento da drenagem na estrada de acesso às praças de retirada de madeira, para evitar fluxos de água para o talude; informações da situação aos moradores.

Outras providências, como o cadastramento das situações risco, moradia por moradia e avaliação da possibilidade de recuperação da área foram realizadas pelos alunos da graduação. Neste detalhamento revelou que na Vila Garibaldi 98 pessoas estavam distribuídas em 28 casas, sendo que 16 em situação de risco iminente, devendo seus 47 moradores serem removidos imediatamente. Posteriormente, em visita técnica ao local do acidente, verificou-se que parte das casas em situação de risco haviam sido demolidas e os respectivos moradores transferidos para um assentamento próximo, em área plana no vale do Rio Paranhana.

Recentemente alunos da 5ª fase dos curso de Engenharia Civil e de Produção Civil da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), realizaram um caminhamento no Morro Pantanal, próximo ao campus universitário em Florianópolis, durante as aulas práticas da disciplina de Geologia ministrada no segundo semestre de 2004.

Em função do tempo disponível o trabalho de campo foi expedito e a atividade possibilitou o levantamento de somente 4 casas ao longo de uma escadaria no trecho da visitação, não observando-se nenhuma casa em risco iminente, necessitando de providência imediata (remoção dos moradores). A área percorrida está situada em terrenos de natureza granítica apresentando blocos de rocha, matacões, solos pouco espessos e altas declividades nos taludes.

4. DISCUSSÃO

As conseqüências das chuvas de verão detonam os deslizamentos de terra em áreas habitadas, as quedas de barreiras em estradas e as enchentes nas baixadas. Os transtornos e prejuízos materiais e humanos causados em várias cidades são gerados, principalmente, pelo descontrole ocupacional de seus territórios. O cenário em que ocorrem estes tipos de

acidentes naturais e/ou induzidos chega a ser monótono: a ausência de saneamento básico, com coleta de lixo e de esgoto e distribuição de água tratada é constante; o lançamento de águas servidas, a plantação de bananeiras, o acúmulo de entulho nas encostas por parte dos moradores, são fatores que aceleram os processos de escorregamento.

Assim, a abordagem deste tema em sala de aula, que na maioria das vezes é feita virtualmente num plano de ensino formal com a simples exposição de casos ocorridos em desenhos e em fotografias, ganha vida. A sistemática das observações de campo, como método a ser seguido para o conhecimento das condições dinâmicas do meio físico, não está nos livros didáticos. São roteiros de estudos que podem ser encontrados em vasta documentação técnica gerada ao longo dos anos pelo serviço público e que, adaptados, podem ser facilmente aplicados.

Uma vez levantados os dados, a elaboração de uma síntese pode propor tanto medidas preventivas como a concepção de projetos de obras de engenharia. Contudo, para que isto ocorra um ingrediente deve fazer parte do grupo de estudantes e professores: a vontade política. Acrescenta-se a isso, que sem o devido encaminhamento ao poder público local (o que foi feito em todos os casos) as informações obtidas nestes trabalhos não provocariam o efeito esperado, ou seja, a intervenção nas áreas de risco geológico.

5. CONCLUSÃO

Neste tipo de atividade educacional é visível que sem a vontade política os objetivos não serão alcançados, pois a maioria dos cursos de Engenharia Civil e de Geologia são voltados para capacitar alunos para o mercado de trabalho e não para a construção de uma consciência crítica da futura profissão como uma função social. Embora seja um processo lento de envolvimento de trabalho, esse método de aprendizado tem mostrado que algumas disciplinas dadas nestes cursos são um instrumento dinâmico de intervenção em áreas de risco geológico.

Esta proposta de aula prática possibilita uma abordagem multi e interdisciplinar dos conteúdos da grade curricular e produz benefícios concretos em áreas onde não se dispõe de informação técnica e a um custo praticamente zero. Os dados gerados durante o processo de pesquisa podem, por exemplo, ser integrados em um trabalho de conclusão de curso e estimular mentes e corações no caminho de um trabalho comunitário junto a população envolvida.

6. Referências bibliográficas

CAMPOS, H.C.N.S. Riscos Geológicos: A Experiência de Campo com Alunos de Engenharia Civil da UNESP - Guaratinguetá. In: XXXVII Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, SP. 1992. **Boletins...**SBG, São Paulo. 1:110-111.

CAMPOS, H.C.N.S. A Disciplina de Geologia Aplicada: Um Instrumento Dinâmico de Intervenção em Áreas Urbanas. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriú, SC. 1994. **Anais...**SBG, Camboriú. 2:227-228.

CAMPOS, H.C.N.S. Ciencias da Terra e Meio Ambiente: uma proposta de um curso de pós-graduação. In: **Ciências da Terra e Meio Ambiente**: díalogos para (inter)ações no Planeta. Editora UNISINOS, São Leopoldo, 1999. p.36-45.

CARDOSO, S.L.; CAMPOS, H.C.N.S. Panorama da Geologia Urbana da Bacia do Rio Camaquã (RS). In: VI Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia e 1º Encontro de Geologia do CONESUL, Porto Alegre, RS. 1995. **Boletim...**SBG, Porto Alegre, p.321-322.

CAMPOS, H.C.N.S.; SEQUEIRA, E.M.; SCHRECK, R.; MICHAELSEN, B.L. Zoneamento de Áreas de Risco no Morro da Polícia ("Glorinha"), Porto Alegre, RS. In: 2º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e 1º Encontro Regional de Geotecnia e Meio Ambiente, São Carlos, SP. 1996. **Atas...**ABGE, São Carlos, p. 13-18.

CAMPOS, H.C.N.S. Slide in Igrejinha city, Rio Grande do Sul State, Brazil: **8 Congress of the International Association of Engineering Geology**, Vancouver, Canada. Balkema, 1998. p.1755-1758.

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). **Zoneamento de Risco nas Áreas dos Bairros da Pedreira e Alto das Almas, Guaratinguetá, SP** (relatório técnico, circulação restrita). IPT, São Paulo, 1988.

SCHRECK, R. **Zoneamento de Áreas de Risco na Vila 1º de Maio/Canudos, Porto Alegre, RS**. Trabalho de Conclusão, UNISINOS, São Leopoldo, 2000..

SUDELPA (Superintendência do Desenvolvimento do Litoral Paulista). **Levantamento Para a Elaboração de Roteiro de Laudo Geológico-Geotécnico Para Implantação de Loteamentos** (relatório técnico, circulação restrita). SUDELPA, São Paulo, 1985.

RISCO A INUNDAÇÕES, ENCHENTES E ALAGAMENTOS EM REGIÕES COSTEIRAS

CELIA REGINA DE GOUVEIA SOUZA
Instituto Geológico-SMA/SP
Av. Miguel Stéfano, 3900. 04301-903. São Paulo (SP)
celia@igeologico.sp.gov.br

SOUZA, C. R. G. Risco a inundações, enchentes e alagamentos em regiões costeiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 231-247. (CD-ROM)

RESUMO
Este trabalho apresenta uma abordagem metodológica para o estudo de riscos à ocorrência de inundações, enchentes e alagamentos em regiões costeiras, envolvendo a definição dos conceitos de risco e tipos de processos atuantes, bem como a identificação de suas causas. Estas, por sua vez, passam a ser os atributos de classificação de suscetibilidades, perigos (*P*), danos potenciais (*Dp*) e riscos ($R = P \times Dp$). Os diversos atributos físicos, bióticos e antrópicos que controlam a ocorrência dos processos são classificados através do método de árvore lógica, dentro de um sistema de informações geográficas. A organização desse sistema em módulos e a inserção de todos os atributos de classificação utilizados em um único módulo (Produtos Cartográficos Básicos) permitem que a elaboração de todos os mapas derivados seja automática, através de funções e operações matemáticas. Com isso, qualquer atualização futura, em decorrência de alterações dos atributos de classificação, poderá ser facilmente obtida, a partir de alterações apenas nos bancos de dados relacionais dos Produtos Básicos.
Palavras-chave: inundação, enchente, risco, SIG, método.

ABSTRACT
This paper presents a methodological approach towards the flood risk assessment in coastal regions, involving the definition of risk concepts and types of processes, as well as their causes. Those causes constitute the attributes in order to obtain the susceptibilities, hazards (*H*), potential damages (*Dp*) and risks ($R = H \times Dp$) assessments. Several physical, biotic and anthropogenic attributes which control flooding events are classified through the logical tree method into a geographic information system. The modulated framework of this system and the set of attributes nourishment into an only module (Basic Maps) of the system permit that, by means of mathematic functions and operations, all of the derived maps are built automatically. Because of this, if changes in the attributes are necessary, in the future, it will be enough to modify only the data bank related to the Basic Maps.
Key-words: flood, risk, GIS, method.

1. INTRODUÇÃO

Os fatores condicionantes de inundações, enchentes e alagamentos em regiões costeiras são de origem natural e antrópica (Souza, 1998). Os condicionantes naturais são divididos em: climático-meteorológicos, geológico-geomorfológicos da bacia de drenagem, flúvio-hidrológicos e oceanográficos. Os condicionantes antrópicos resultam de intervenções humanas diretas ou indiretas nas bacias de drenagem.

O presente trabalho apresenta uma abordagem metodológica de estudo de riscos a inundações, enchentes e alagamentos em regiões costeiras, envolvendo a definição dos tipos de processos atuantes e suas causas e, em função destas, um método de mapeamento e classificação de risco aplicável a sistemas de informações geográficas.

Os resultados apresentados aqui são provenientes de pesquisas desenvolvidas no âmbito do Projeto SIIGAL -"Sistema Integrador de Informações Geoambientais para o Litoral do Estado de São Paulo, Aplicado ao Gerenciamento Costeiro" (Souza *et al.*, 2001; Souza, 2003), financiado pela FAPESP (Processo nº 14277-2). A área de estudo do Projeto SIIGAL compreende os quatorze municípios litorâneos de São Paulo e dois municípios interiores do baixo Rio Ribeira de Iguape, sendo a escala de mapeamento 1:50.000.

2. REVISÃO DE CONCEITOS IMPORTANTES

2.1 Inundações e Enchentes

Inundações e enchentes são problemas geoambientais derivados de fenômenos ou perigos naturais de caráter hidrometeorológico ou hidrológico, ou seja, aqueles de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica (ISDR, 2002).

Na literatura de língua portuguesa há grande controvérsia e, até mesmo, confusão no emprego dos termos **enchente** e **inundação**, traduzidos dos termos "*flood*" e "*flooding*" e, mais raramente, de "*inundation*". Além disso, devido aos diferentes tipos de processos que podem ocorrer em regiões costeiras, a confusão é ainda maior.

Assim, para o Projeto SIIGAL, estão sendo adotadas as definições descritas a seguir (Souza, no prelo).

1. **Inundação costeira:** causada por ressacas ou marés meteorológicas em conjunção com marés astronômicas elevadas (marés de sizígia); afetam praias e estruturas costeiras, terraços marinhos holocênicos frontais e/ou ocupações próximas à linha de costa.
2. **Inundação na planície costeira:** causada por transbordamento de canais fluviais, estuarinos, lagunares ou de maré sobre terrenos naturais da planície costeira (fluxos de alta velocidade – zona de passagem da onda de cheia), onde não existem ou são raras ocupações e usos antrópicos.
3. **Enchente na planície costeira:** causada por transbordamento de canais fluviais, estuarinos, lagunares ou de maré sobre terrenos com ocupação antrópica (fluxos de alta velocidade – zona de passagem da onda de cheia).
4. **Inundação/Enchente relâmpago:** causada por transbordamento de canais fluviais presentes nas baixas encostas, em terrenos naturais ou antropizados.
5. **Alagamentos:** ocorrem em áreas distantes dos canais, em terrenos com ocupação antrópica e baixo coeficiente de escoamento superficial (fluxos de baixa velocidade).

2.2 Risco e Conceitos Associados

Varnes (1984) definiu Risco Ambiental como o "grau de prejuízo ou dano causado a pessoas e bens, devido à ocorrência de um perigo (*hazard*)" ou "número esperado de perda de vidas, danos a pessoas, bens e propriedades, ou interrupção de atividades econômicas devido a um fenômeno natural particular". Segundo ele, o **Risco total** (***Rt***) é expresso como: ***Rt* = *(H*x*V)* x *(E)***, onde**: *H* (*Hazard*)** é **Perigo**, ***V*** é **Vulnerabilidade** e ***E*** é **Elemento em Risco**. O termo **Perigo** significa "um evento físico, fenômeno natural e/ou induzido por uma atividade humana, potencialmente danoso ou nocivo, que pode causar perda de vidas, ferimentos, danos a propriedades e bens, interrupção de atividades sociais e econômicas e degradação ambiental". Envolve a probabilidade de ocorrência do fenômeno em um determinado período de tempo e em uma dada área. **Vulnerabilidade** refere-se ao "grau de perda ou dano de um determinado elemento ou um conjunto de elementos em risco, resultante da ocorrência de um fenômeno natural de uma dada magnitude". O **Elemento em Risco** refere-se a populações, propriedades, bens e atividades econômicas em risco em uma dada área.

Einstein (1988) introduziu diferentes conceitos sobre o tema. Para ele, o fenômeno natural em si seria denominado "***Danger***" (em português ainda seria **Perigo**). O "***Hazard***" (***H***) corresponderia à "probabilidade de ocorrência de um perigo (***danger***) particular em um determinado período de tempo". O **Risco** (***Risk***) seria "função da probabilidade de ocorrência (***Hazard***) e das conseqüências, ou seja, do valor (custo) potencial de perdas".

Anbalagan & Singh (1996), baseados no trabalho de Einstein (1988), relacionaram o conceito de "valor potencial de perdas" ao de **Danos Potenciais** (**Dp – *Potential Damage***), que envolveria perda de vidas, ferimentos, perdas de bens, propriedades e terrenos naturais.

Para as Nações Unidas (ISDR, 2002), **Risco** compreende a "probabilidade de conseqüências danosas ou perdas esperadas (de vidas, propriedades, bens de sustento próprio, interrupção de atividades econômicas e danos ambientais) resultantes das interações entre perigos (***Hazards***) naturais ou induzidos e as condições de **Vulnerabilidade/Capacidade**". Em outras palavras, **Risco** pode ser expresso em termos de: ***R* = *H* x *V/C***. A **Vulnerabilidade** corresponde a um conjunto de condições e processos resultantes de fatores físicos (relacionados ao uso e ocupação do solo), sociais, econômicos e ecológicos. A **Capacidade** refere-se à maneira pela qual as pessoas e organizações conseguem lidar positivamente com as condições adversas de um desastre ou evento.

No entanto, a aplicação dos conceitos de Vulnerabilidade, Capacidade e Elemento em Risco é tarefa difícil, seja quantitativa ou mesmo qualitativamente, principalmente devido à grande diversidade e complexidade dos atributos de análise e a limitações em relação à disponibilidade de dados preexistentes e às escalas de mapeamento.

3. MÉTODO DE MAPEAMENTO DE RISCOS HIDRO(METEORO)LÓGICOS

A expressão para **Risco** que melhor se ajusta aos objetivos deste trabalho corresponde a uma composição das apresentadas anteriormente, sendo: ***R = Perigo* x *Danos Potenciais***.

O **Perigo** (***Hazard***) é aqui utilizado em sua mais ampla definição, sendo função de: (a) suscetibilidade (perigo relativo) do meio natural (***Sn***) em desenvolver inundações; (b) suscetibilidade ou potencialidade do meio antrópico (***Sa***) em induzir enchentes e alagamentos; (c) probabilidade estatística de ocorrência dos eventos (perigo absoluto), que pode ser expresso através do cálculo dos tempos de recorrência ou períodos de retorno dos eventos, dado pela expressão ***Ri=(N+1)/M***, onde "M" é o nº de eventos de acumulados de chuva de determinada magnitude registrados em uma série histórica de "N" anos da série histórica. Portanto, Perigo pode ser expresso por: ***P = Sn* x *Sa* x *Ri***.

O conceito de **Danos Potenciais** (***Dp***) de Einstein (1988) e Anbalagan & Singh (1996) é bastante semelhante ao de Vulnerabilidade de Varnes (1984) e, até certo ponto, englobaria parte dos atributos sugeridos em ISDR (2002). Assim, ele parece ser o mais adequado para uma avaliação das possíveis conseqüências e danos causados por um perigo natural a populações, bens, propriedades e terrenos naturais, principalmente na escala adotada no Projeto SIIGAL, de 1:50.000.

Portanto, **Risco** passa a ser expresso em termos de: ***R = (Sn* x *Sa* x *Ri)* x *Dp.***

Uma vez definidos os conceitos a serem adotados, o passo seguinte na abordagem metodológica de cartografia de risco é definir e selecionar os <u>atributos</u> necessários à obtenção de cada um dos termos da expressão que define o Risco. Com base em Souza (1996, 1998), esses atributos correspondem às principais causas dos eventos de inundações/enchentes/alagamentos, definidas como condicionantes naturais e antrópicos.

Os condicionantes naturais são divididos em: (a) climático-meteorológicos (precipitação pluviométrica, variabilidade climática e tempo de retorno de eventos extremos de precipitação e fenômenos globais como *El Nino* e *La Niña*); (b) geológicos do substrato da bacia de drenagem (suscetibilidade geológica dos terrenos em função dos tipos de substrato, relevo e propriedades do solo, que influenciam o escoamento superficial, as

capacidades de infiltração, de permeabilidade, de transmissibilidade e de armazenamento de água, e o nível do lençol freático); (c) suscetibilidade morfométrica da bacia de drenagem (Souza, no prelo), dada pelo conjunto de parâmetros morfométricos da bacia em sua totalidade e especificamente para a planície costeira e para a encosta (influenciam o comportamento hidrológico da bacia); (d) flúvio-hidrológicos (propriedades dos canais e comportamento dos parâmetros limnimétricos durante os eventos); (e) oceanográficos (influência da dinâmica de circulação costeira junto às desembocaduras fluviais/lagunares e das marés astronômicas e meteorológicas, e elevação atual do nível relativo do mar de longo período).

Os condicionantes antrópicos resultam de intervenções humanas diretas ou indiretas nas bacias de drenagem, podendo ser agrupados em: (a) uso e ocupação de áreas marginais aos canais de drenagem (modificam a permeabilidade do solo e a rede de drenagem e, conseqüentemente, alteram as taxas de infiltração e escoamento superficial); (b) modificações diretas na rede de drenagem pela implantação de aterros e construção de estruturas lineares; (c) implantação de medidas estruturais para minimizar os impactos das enchentes (canalizações, retificações, aprofundamento de calhas, implantação de diques marginais e barragens etc); (d) disposição de resíduos sólidos e líquidos em locais inadequados, causando a obstrução de canais; (e) modificações nos processos sedimentares naturais e no balanço sedimentar da bacia, causando assoreamentos.

Com base em todas essas causas e nos conceitos adotados é efetuada uma seleção dos principais atributos que controlam os processos e eventos, os quais, por sua vez, devem ser inseridos em mapas e devidamente caracterizados nos bancos de dados a eles associados.

No Projeto SIIGAL foi desenvolvido um sistema de informações geoambientais a partir de uma série de mapas/cartas e bancos de dados associados, como mostra a Figura 1. Os Produtos Básicos contêm todas as informações necessárias (atributos) à elaboração dos Produtos Intermediários e Finais, sendo estes dois últimos gerados automaticamente pelo sistema através de rotinas, funções e operações matemáticas previamente estabelecidas. Isto permite atualizações permanentes também automáticas de todos esses produtos, somente com atualizações nos Produtos Básicos e seus bancos de dados. O **Mapa de Risco a Inundações, Enchentes e Alagamentos** insere-se no conjunto de Produtos Intermediários denominado genericamente de "**Riscos Geológicos e Hidrológicos**". Neste conjunto estão também os riscos a Movimentos de Massa e Erosão Costeira (Souza *et al.*, 2001).

Assim, para o Projeto SIIGAL, foram elaborados os seguintes Produtos Básicos contendo todos os atributos escolhidos: Mapa de Bacias Hidrográficas e Praias, Mapa de Compartimentação Fisiográfica, Mapa de Vegetação Nativa e Estados de Alteração, Mapa de Unidades Climáticas, Mapa de Uso e Ocupação do Solo (Figura 1) e Carta de Inventário e Tempos de Retorno de Eventos de Inundação, Enchente e Alagamento.

O passo seguinte à identificação e seleção dos atributos é a classificação de graus de suscetibilidades, perigos e danos potenciais dos mesmos, para obtenção da classificação de risco. Essas classificações são elaboradas com base no método de árvore lógica, em funções matemáticas para análise e correlação dos atributos, e em operações matemáticas (somatórias, cruzamentos matriciais) entre as diversas cartas produzidas. Alguns exemplos do funcionamento de tudo isso são demonstrados adiante, no item Resultados.

Uma questão problemática em estudos de inundação/enchente em rios costeiros é que eles, em geral, não apresentam planície de inundação bem desenvolvida. No litoral de São Paulo, isso ocorre em todos os rios de ordem hierárquica ≤ 3 (ordem segundo Strahler, 1952 *apud* Souza, 1998), enquanto que os rios de ordens superiores desenvolvem planícies de inundação restritas e irregularmente distribuídas ao longo do canal. Então, durante eventos de inundações/enchentes, outros terrenos da planície costeira adjacentes a esses rios passam a funcionar como seu "leito maior". Depreende-se disto que as suscetibilidades e os danos potenciais em terrenos próximos aos canais serão sempre maiores do que em terrenos distantes desses canais, não atingidos pelas águas das cheias. Então, em todos os Produtos Básicos, deve-se delimitar cartograficamente esses terrenos mais sujeitos à influência dos canais, aqui denominados "polígonos *buffer*". Foi constatado que a largura desses polígonos depende da ordem hierárquica do canal, adotando-se a seguinte escala: canais de 1ª e 2ª ordens - *buffer* de 100 m; canais de 3ª ordem - 150 m; canais de 4ª ordem - 250 m; canais de 5ª ordem - 500 m; canais de 6ª ordem - *buffer* de 750 m; canais de 7ª ordem - 1000 m; e canais de 8ª ordem - 1500 m.

4. RESULTADOS

Os resultados apresentados aqui exemplificam todos os passos necessários à obtenção das Cartas de **Suscetibilidades**, **Perigos**, **Danos Potenciais** e **Risco**, conforme sintetizado na Figura 2.

4.1 Carta de Perigos

Como dito anteriormente, Perigo é expresso por: $\boldsymbol{P = Sn \times Sa \times Ri}$.

A **Suscetibilidade Natural (*Sn*) a Inundações Costeiras, Inundações na Planície Costeira e Inundações Relâmpago** é baseada em todos os atributos (Tabela 1) dos compartimentos fisiográficos (Tabela 2) de praia ("*Pr*"), planície costeira e baixa encosta ("*L*"/"*L-buffer*"), que constituem os condicionantes geológicos, geomorfológicos, climático-meteorológicos, oceanográficos e bióticos (vegetação) dos eventos de inundação. A unidade cartográfica mínima de classificação (polígono) da Suscetibilidade Natural corresponde ao compartimento fisiográfico. A Tabela 3 mostra um exemplo de classificação da suscetibilidade natural de terraços marinhos holocênicos ao desenvolvimento de inundações na planície costeira, situados dentro de "polígonos *buffer*" (associados a canais), obtida através do método de árvore lógica.

Para a classificação da **Suscetibilidade Antropicamente Induzida (*Sa*) a Enchentes e Alagamentos** (Tabela 4), a unidade cartográfica mínima corresponde a cada polígono do Mapa de Uso e Ocupação do Solo. A classificação é baseada nos atributos descritos na Tabela 1 e nos processos que ocorrem dentro e fora dos "polígonos *buffer*".

A partir do cruzamento matricial entre as cartas de Suscetibilidade Natural e Suscetibilidade Antropicamente Induzida obtém-se a **Carta de Suscetibilidade Atual à Ocorrência de Eventos de Inundação, Enchente e Alagamento** (Figura 2). A Tabela 5 mostra um modelo genérico de classificação decorrente de um cruzamento matricial, que pode ser aplicado a todas as classificações matriciais indicadas na Figura 2.

A **Carta de Inventário e Tempos de Retorno de Eventos de Inundação, Enchente e Alagamento** compreende as áreas nas quais ocorrem efetivamente enchentes (com base nos registros das Defesas Civis Municipais). Cada área é classificada em função da probabilidade mínima de ocorrência desses eventos (tempo de retorno *Ri*), de acordo com a seguinte escala: Muito Alta - $Ri \leq 2$ anos; Alta - $Ri = 2{,}1$ a 5 anos; Média - $Ri = 5{,}1$ a 10 anos; Baixa - $Ri = 10{,}1$ a 20 anos; Muito Baixa - $Ri > 20$ anos.

A **Carta de Perigos** é então obtida a partir do cruzamento matricial (Tabela 5) entre a Carta de Suscetibilidade Atual e a Carta de Inventário e Tempos de Retorno de Eventos de Inundação/Enchente/Alagamento (Figura 2).

4.2 Carta de Danos Potenciais

Os **Danos Potenciais** são obtidos qualitativamente em relação a: (a) populações (vidas, ferimentos, bens), propriedades, infraestrutura, atividades e serviços; (b) ecossistemas (terrenos e recursos naturais vivos e não vivos). A Tabela 6 mostra uma síntese dos atributos selecionados e a Tabela 7 exibe as classificações de danos potenciais.

A Carta de **Danos Potenciais** é elaborada a partir da somatória dos dois tipos de classificação (Figura 2).

4.3 Carta de Riscos

A **Carta de Risco** é produto da classificação (cruzamento) matricial (Tabela 5) entre as cartas de Perigos e de Danos Potenciais (Figura 2).

5. CONCLUSÕES

O método apresentado é inovador em dois importantes aspectos: (a) integra inúmeros atributos dos meios físico, biótico e antrópico, que condicionam a ocorrência de eventos de inundações, enchente e alagamentos em regiões costeiras, podendo ser facilmente adaptado para estudos de risco em áreas interiores; (b) a elaboração da Carta de Risco e das cartas relacionadas a ela (suscetibilidades, perigos e danos potenciais) é completamente automática.

Todos os produtos cartográficos são georeferenciados e contêm unidades poligonais e elementos integrados a bancos de dados relacionais, que permitem consultas de informações e associações entre os diferentes produtos.

O sistema permite atualizações rápidas ao longo do tempo, bastando efetuar alterações nos bancos de dados dos Produtos Básicos, uma vez que estes contêm todos os atributos de análise e classificação e os demais produtos relacionados são gerados automaticamente.

6. REFERÊNCIAS BILBIOGRÁFICAS

ANBALAGAN, R.; SINGH, B. Landslide hazard and risk assessment mapping of mountainous terrains – a case study from Kumaun Himalaya, India. **Engineering Geology**, 43, p. 237-246, 1996.

EINSTEIN, H.H. Special Lecture: Landslides risk assessment procedure. In: C. Bonnard (ed.). Landslides. Glissements de Terrain. **Proceedings** of the 5º International Symposium on Landslides, Lausanne, Switzerland, p.1075-1090, 1998.

ISDR (INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION). **Living with Risk**. A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. United Nations, Inter-Agency Secretariat. ISDR Secretariat. Preliminary Version. Geneva, Switzerland, 2002. 384p.

SOUZA,C. R. G. Cartografia de risco à inundação no litoral paulista: o exemplo do município de São Sebastião. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, II e Encontro Regional de Geotecnia e Meio Ambiente, I, São Carlos. 1996. **Anais...**, p. 139-148.

SOUZA, C.R. G. Flooding in the São Sebastião region, northern coast of São Paulo state, Brazil. Anais Academia Brasileira Ciências, 70 (2): 353-366, 1998..

SOUZA, C.R. G. Um sistema de informações geoambientais para o litoral de São Paulo. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA), IX, Recife (PE), 12-19/outubro/2003. **Anais...**, 2003. CD-ROM (trabalho completo).

SOUZA, C. R. G. (no prelo). Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. **Revista Brasileira de Geomorfologia**.

SOUZA, C. R. G.; VEDOVELLO, R.; BROLLO, M.J.; TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J. & HOLL, M.C. 2001. A cartografia geotécnica no sistema integrador de informações geoambientais para a zona costeira de São Paulo (Projeto SIIGAL). In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, IV, Brasília (DF), 02-05/setembro/2001. ABGE. **Anais…** (CD-ROM - trabalho completo).

VARNES, D.J. **Landslide Hazard Zonation**: Review of Principles and Practice. UNESCO Press, Paris, 1984. 56p.

Figura 1. Fluxograma de desenvolvimento do SIIGAL (Souza, 2003)

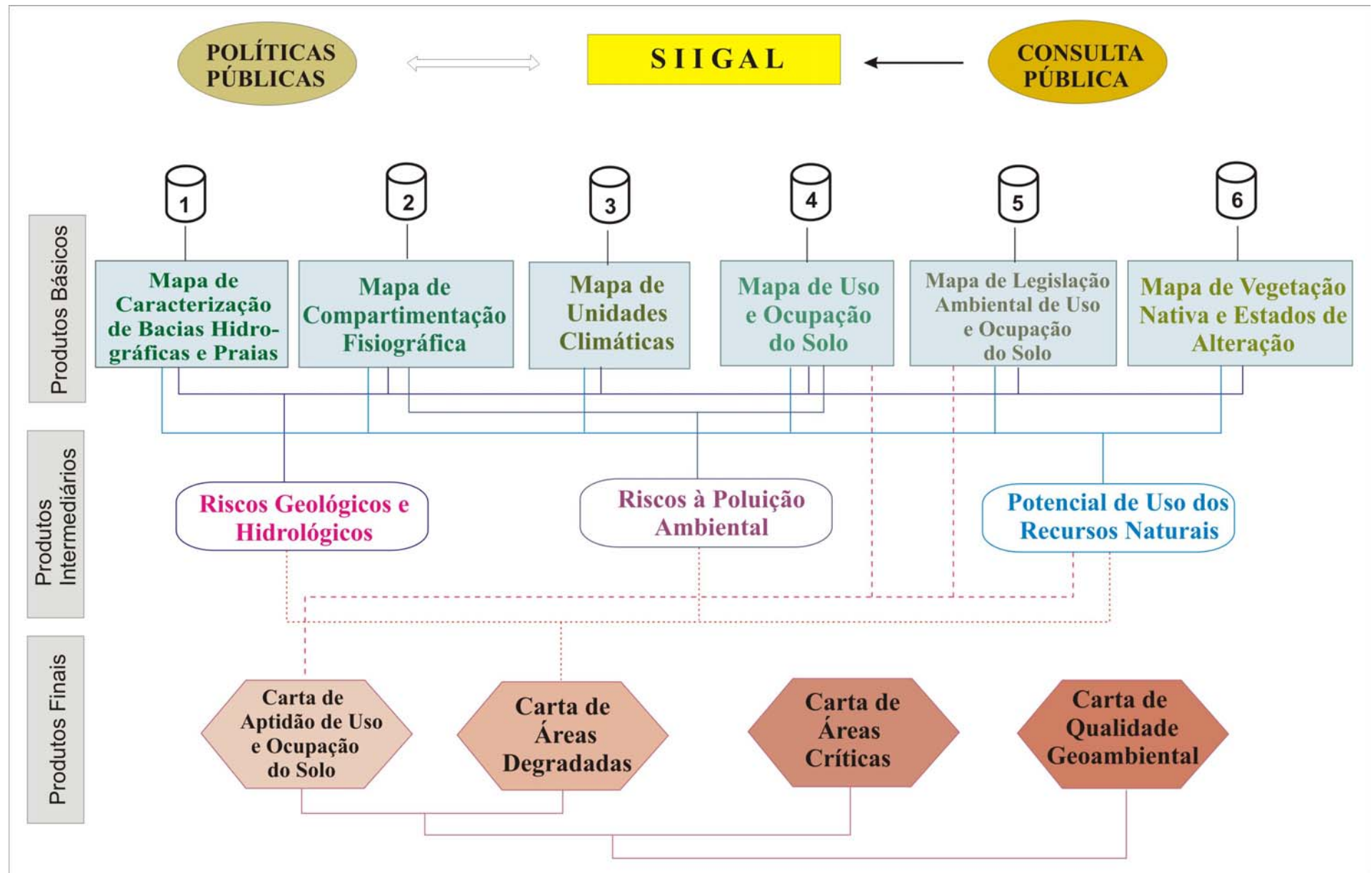



Figura 2. Fluxograma de desenvolvimento da Carta de Risco a Inundações, Enchentes e Alagamentos

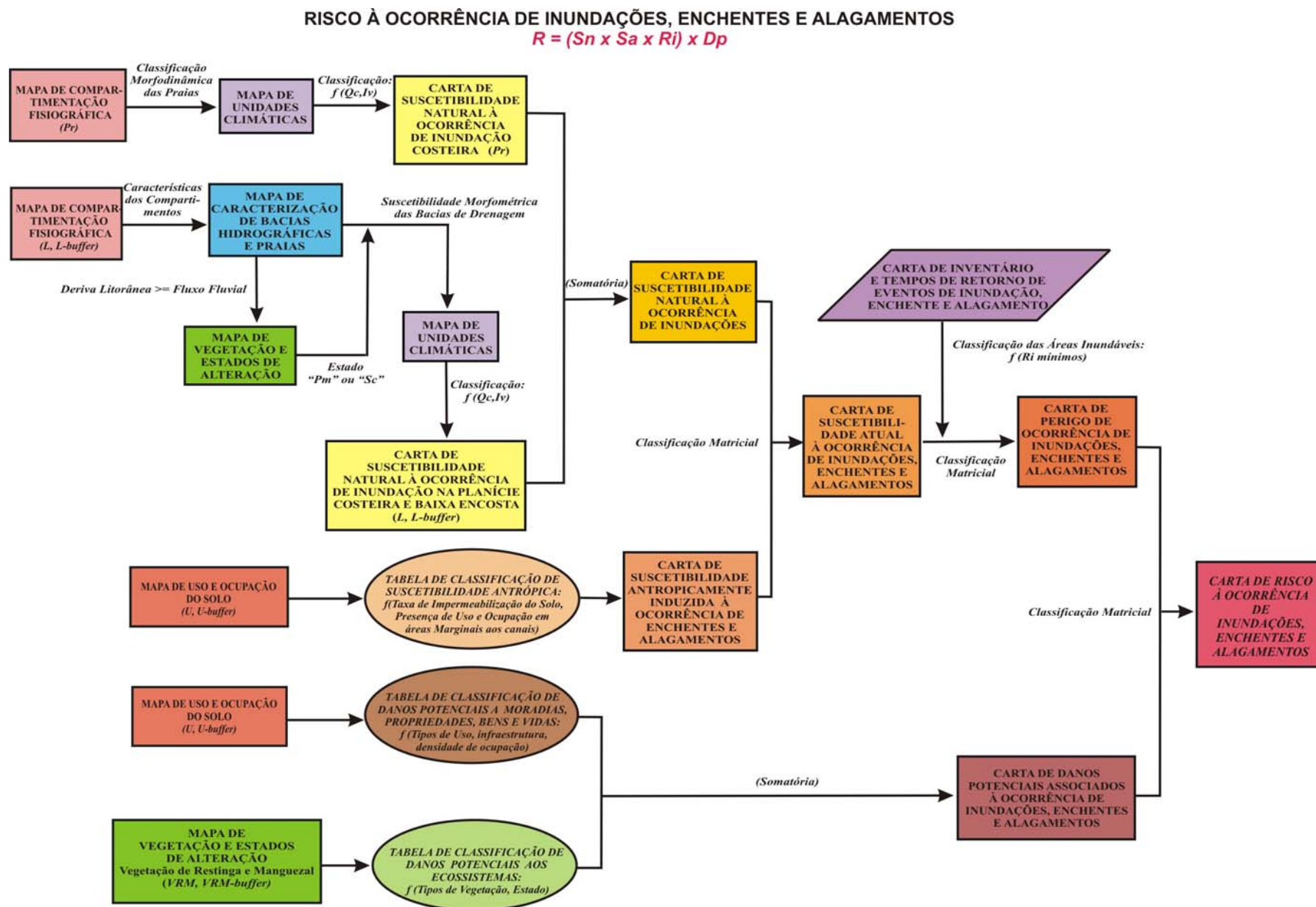



Tabela 1. Atributos dos meios natural e antrópico selecionados para a classificação das suscetibilidades natural e antrópica dos terrenos em relação à ocorrência de diferentes tipos de processos de inundação e enchentes/alagamentos

PRODUTO BÁSICO (com "polígonos *buffer*")	***Mapa de Compartimentação Fisiográfica***	***Mapa de Caracterização de Bacias Hidrográficas e Praias***	***Mapa de Vegetação e Estados de Alteração***	***Mapa de Unidades Climáticas***	***Mapa de Uso e Ocupação do Solo***
Atributos da Planície Costeira e Baixa Encosta ***(Processos: Inundações/Enchentes na Planície Costeira; Inundações/Enchentes Relâmpago; Alagamentos)***	Suscetibilidade Natural do terreno em função de: tipo de depósito sedimentar (características granulométricas e suas propriedades quanto à permeabilidade, capacidade de infiltração/escoamento superficial, capacidade de armazenamento de água e nível do lençol freático); influência da atuação das oscilações de marés; proximidade do canal fluvial/de maré em função da ordem hierárquica (*buffer*)	Suscetibilidade Natural (Morfométrica) em função dos parâmetros morfométricos da bacia de drenagem: ordem hierárquica, área (total, encosta e planície costeira), forma, fator forma, perímetro, comprimento e declividade média do canal de ordem principal, freqüência do nº de canais (encosta e planície costeira), freqüência do nº de canais de 1ª ordem (total), densidade hidrográfica (total, encosta e planície costeira) e densidade de confluências (total, encosta e planície costeira)	Suscetibilidade Natural baseada no Estado de Alteração da Vegetação: (Primário/pouco Alterado e Alterado/muito Alterado)	Suscetibilidade Natural baseada no Volume médio anual de Chuvas e na Variabilidade Climática da unidade climática na qual se encontra a bacia de drenagem	Suscetibilidade Antropicamente Induzida baseada em: taxa relativa de impermeabilização do solo (função da densidade e do estágio de consolidação da urbanização); presença de uso e ocupação antrópica nas áreas marginais aos canais (*buffers*)
Atributos da Praia ***(Processo: Inundação Costeira)***	-	Suscetibilidade Natural em função do Estado Morfodinâmico da praia, o qual é baseado nas características granulométricas e morfológicas (comprimento, orientação, inclinação média, presença de feições arenosas emersas e submersas) da praia	-	-	-
Atributos da Linha de Costa que influenciam na Planície Costeira	-	Deriva Litorânea ≥ Fluxo Fluvial/Fluxo de Maré na desembocadura fluvial ou lagunar (zonas de sotamar de células de deriva litorânea, barras arenosas)	-	-	-

Tabela 2. Tipos de compartimentos fisiográficos (C.F.) mapeados nas planícies costeiras, baixas encostas e praias do litoral de São Paulo

SETOR GEOMOR-FOLÓGICO	DOMÍNIO LITOLÓGICO	DOMÍNIO MORFOLÓGICO	C.F.
Baixa Encosta	Depósitos coluviais, tálus e leques aluviais constituídos de sedimentos de matriz areno-síltico-argilosa com grânulos dispersos até matacões (C), de idade pleistocênica a holocênica; nível médio do lençol freático (N.A.): 1,0-2,0m.	Rampas de baixa declividade localizados na média e baixa encosta (R)	**LCR**
Planície Costeira	Depósitos fluviais (F) constituídos de sedimentos arenosos, síltico-arenosos e cascalhos, de idade holocênica; N.A.: ≤ 0,50m.	Planícies de inundação, depósitos de leito e terraços fluviais (T)	**LFT**
	Depósitos de colúvios (C) de baixada constituídos de matriz areno-síltico-argilosa com grânulos de quartzo dispersos, de idade holocênica; N.A.: ≤ 0,30m.	Depressões paleolagunares colmatadas, em geral localizadas atrás dos terraços marinhos holocênicos ou cortando terraços marinhos pleistocênicos (D)	**LCD**
	Depósitos fluviais e coluviais de baixada não individualizados ou mistos (M), de idade holocênica; N.A.: ≤ 0,50m.	Planície sedimentar de muito baixa declividade localizada ao fundo da planície costeira (P)	**LMP**
	Depósitos marinhos constituídos de areias muito finas a médias, muito bem a moderadamente selecionadas, de idade holocênica (H), às vezes recobertas por depósitos dunares holocênicos a atuais; N.A.: 0,40-1,10m.	Cordões litorâneos e terraços marinhos (T)	**LHT**
	Depósitos marinhos constituídos de areias muito finas a finas bem a muito bem selecionadas, de idade pleistocênica (P), às vezes recobertas por depósitos dunares holocênicos; N.A.: 1,10-1,70 m.	Terraços marinhos (T)	**LPT**
	Depósitos lagunares e estuarinos constituídos de sedimentos pelíticos orgânicos (O) atuais; N.A. ≤ 0,10m.	Terraços lagunares (L) e planícies de maré atuais com manguezais associados	**LOL**
Praia	Depósitos praiais (Pr) atuais formados por areias muito finas até grossas, muito bem a pobremente selecionadas, com presença de biodetritos calcários e não calcários; N.A. ≤ 0,50 m.	Praias de estado morfodinâmico: Dissipativo (D) e Reflexivo (R) de alta (a) e de baixa energia (b); Intermediário (I) com tendências Dissipativas ou Reflexivas, de alta e de baixa energia; e Misto (M)	**PrDa, PrDb, PrRa, PrRb, PrI, PrIn-Da, PrIn-Db, PrI-Ra, PrI-Rb, PrM**

Tabela 3. Exemplo de classificação de Suscetibilidade Natural a inundações na planície costeira em terraços marinhos holocênicos associados a canais (polígonos "*buffer*")

PROCESSO	**COMPARTI-MENTO FISIOGRÁFICO**	**DERIVA LITORÂNEA ≥ FLUXO FLUVIAL/MARÉ**	**ESTADO DE ALTERAÇÃO DA VEGETAÇÃO**	**SUSCETIBILIDADE MORFOMÉTRICA DA BACIA**	**VARIÁVEIS CLIMÁTICAS (Qc = Volume médio anual de Chuvas; Iv = Índice de Variabilidade Climática)**	***SUSCETI-BILIDADE NATURAL***
Inundação na Planície Costeira	Terraço Marinho Holocênico Associado a Canais Fluviais ou de Maré (LTH-*buffer*)	SIM	Pm (vegetação original ou em estado médio-avançado de regeneração): EsDP (Escrube e Vegetação de Dunas e Praias); FbR (Floresta Baixa de Restinga); FaR (Floresta Alta de Restinga)	A	Qc MA/A	***A***
					Qc M/B, Iv MA/A	***A***
					Qc M/B, Iv M/B	***M***
				M	Qc MA/A	***M***
					Qc M/B, Iv MA/A	***M***
					Qc M/B, Iv M/B	***B***
				B	Qc MA/A	***B***
					Qc M/B, Iv MA/A	***B***
					Qc M/B, Iv M/B	***MB***
			Sc (> 20% de Alteração ou em estado médio até inicial de recuperação): EsD, FbR, FaR	A	Qc MA/A	***MA***
					Qc M/B, Iv MA/A	***MA***
					Qc M/B, Iv M/B	***A***
				M	Qc MA/A	***A***
					Qc M/B, Iv MA/A	***A***
					Qc M/B, Iv M/B	***M***
				B	Qc MA/A	***M***
					Qc M/B, Iv MA/A	***M***
					Qc M/B, Iv M/B	***B***
		NÃO ou NENHUMA DESEMBOCADURA	Pm: EsDP; FbR; FaR	A	Qc MA/A	***M***
					Qc M/B, Iv MA/A	***M***
					Qc M/B, Iv M/B	***B***
				M	Qc MA/A	***B***
					Qc M/B, Iv MA/A	***B***
					Qc M/B, Iv M/B	***MB***
				B	Qc MA/A	***MB***
					Qc M/B, Iv MA/A	***MB***
					Qc M/B, Iv M/B	***MB***
			Sc: EsD, FbR, FaR	A	Qc MA/A	***A***
					Qc M/B, Iv MA/A	***A***
					Qc M/B, Iv M/B	***M***
				B	Qc MA/A	***M***
					Qc M/B, Iv MA/A	***M***
					Qc M/B, Iv M/B	***B***
				C	Qc MA/A	***B***
					Qc M/B, Iv MA/A	***B***
					Qc M/B, Iv M/B	***B***

Tabela 4. Exemplo de classificação de Suscetibilidade Antropicamente Induzida a enchentes e alagamentos

UNIDADES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO		**TAXA DE IMPERMEA-BILIZAÇÃO**	***SUSCETIBILIDADE ANTRÓPICA***	
UNIDADE	**DESCRIÇÃO**		***Enchentes*** **(Dentro dos *Buffers*)**	***Alagamentos*** **(Fora dos *Buffers*)**
U1 / U1-*buffer*	Urbano, alta densidade e Verticalizado, Adequado, Consolidado	MA	***MA***	***MA***
U2 / U2-*buffer*	Urbano, alta densidade Adequado e Consolidado	MA	***MA***	***MA***
U3 / U3-*buffer*	Urbano, média densidade, Inadequado em Consolidação	A	***A***	***M***
U4; U4-*buffer*	Urbano, alta densidade, Inadequado e Consolidado	MA	***MA***	***MA***
U5 / U5-*buffer*	Urbano, média-baixa densidade, Inadequado, em Consolidação	M	***A***	***M***
U6 / U6-*buffer*	Sítios e Chácaras (muito baixa densidade)	MB	***M***	***MB***
U7 / U7-*buffer*	Condomínios Residenciais (baixa densidade, consolidado, adequado)	B	***M***	***B***
U8 / U8-*buffer*	Favelas e Invasões (alta a média densidade, inadequado, em consolidação)	M	***MA***	***A***
U9 / U9-*buffer*	Urbano, média densidade, Adequado e Consolidado	M	***M***	***M***
GE / GE-*buffer*	Grandes Equipamentos	B	***M***	***B***
LO / LO-*buffer*	Loteamento Implantado não Ocupado	MB	***M***	***MB***
LA / LA-*buffer*	Loteamento Abandonado	MB	***M***	***MB***
AgP / AgP-*buffer*	Agropecuária	MB	***M***	***MB***
R / R-*buffer*	Reflorestamento	MB	***M***	***MB***
Se / Se-*buffer*	Solo Exposto	MB	***M***	***MB***
Re	Rocha Exposta	Não Classificado	***Não Classificado***	***Não Classificado***

Tabela 5. Modelo geral de classificação obtida pelo cruzamento matricial entre dois produtos cartográficos

	MAPA/CARTA 2				
MAPA/CARTA 1	Muito Alto	Alto	Médio	Baixo	Muito Baixo
Muito Alto	***Muito Alto***	***Muito Alto***	***Alto***	***Alto***	***Médio***
Alto	***Muito Alto***	***Muito Alto***	***Alto***	***Médio***	***Médio***
Médio	***Alto***	***Alto***	***Médio***	***Baixo***	***Baixo***
Baixo	***Alto***	***Alto***	***Médio***	***Baixo***	***Baixo***
Muito Baixo	***Médio***	***Baixo***	***Baixo***	***Muito Baixo***	***Muito Baixo***
	CARTA 3 (Produto Matricial)				

Tabela 6. Atributos selecionados para a classificação de Danos Potenciais a populações/propriedades/infraestrutura/serviços e aos ecossistemas devidos à ocorrência de inundações, enchentes e alagamentos

PRODUTO BÁSICO	***Mapa de Uso e Ocupação do Solo***	***Mapa de Vegetação e Estados de Alteração***
Atributos da Praia, Planície Costeira e Baixa Encosta ***(Processos: Inundações/ Enchentes na Planície Costeira; Inundações/Enchentes Relâmpago; Alagamentos)***	Danos Potenciais associados a: perdas de vidas e ferimentos; perdas e danos a moradias, bens de consumo, propriedades particulares e públicas, equipamentos urbanos e industriais, a equipamentos de infraestrutura superficiais e subterrâneos, e obras de proteção costeira; interrupção de serviços, atividades sociais e econômicas em geral; perdas de terrenos naturais em ecossistemas e de organismos vivos; poluição/contaminação de solos e águas; modificações e/ou aceleração de processos erosivos e de assoreamento etc. São obtidos em função de: tipos de uso, densidade de ocupação, estágio de consolidação da ocupação e tipo de estrutura urbana.	Danos Potenciais associados a perdas de ecossistemas (terrenos e recursos naturais vivos e não vivos). São obtidos em função do tipo de vegetação e do seu estado de alteração

Tabela 7. Classificação de Danos Potenciais a populações/propriedades/infraestrutura/serviços e a ecossistemas devidos à ocorrência de inundações, enchentes e alagamentos

UNIDADES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	***DANOS POTENCIAIS***	
	ENCHENTES (dentro dos Buffers)	***ALAGAMENTOS (fora dos Buffers)***
U1 / U1-*buffer*	***MA***	***M***
U2 / U2-*buffer*	***MA***	***M***
U3 / U3-*buffer*	***A***	***M***
U4 / U4-*buffer*	***MA***	***A***
U5 / U5-*buffer*	***M***	***B***
U6 / U6-*buffer*	***B***	***MB***
U7 / U7-*buffer*	***A***	***B***
U8 / U8-*buffer*	***MA***	***M***
U9 / U9-*buffer*	***M***	***B***
GE / GE-*buffer*	***MA***	***M***
AgP / AgP-*buffer*	***A***	***MB***
R / R-*buffer*	***A***	***MB***
Se / Se-*buffer*	***B***	***MB***
LO	***(não classificado)***	***(não classificado)***
LA	***(não classificado)***	***(não classificado)***
Re	***(não classificado)***	***(não classificado)***

VEGETAÇÃO DE RESTINGA E MANGUEZAL E ESTADOS DE ALTERAÇÃO	***DANOS POTENCIAIS***
PmTr (Transição Restinga-Encosta)	***MA***
PmFaR (Floresta Alta de Restinga)	***MA***
PmFaRu (Floresta Alta de Restinga Úmida)	***M***
PmFbR (Floresta Baixa de Restinga)	***MA***
PmPa (Floresta Paludosa)	***MB***
PmBr (Brejo de Restinga)	***MB***
PmMg (Manguezal)	***B***
EsDP (Escrube e Vegetação sobre Dunas e Praias)	***MA***
ScTr (Transição Restinga-Encosta)	***A***
ScFaR (Floresta Alta de Restinga)	***A***
ScFaRu (Floresta Alta de Restinga Úmida)	***B***
ScFbR (Floresta Baixa de Restinga)	***A***
ScPa (Floresta Paludosa)	***MB***
ScBr (Brejo de Restinga)	***MB***
ScMg (Manguezal)	***B***
PmFaR-*buffer*	***A***
PmFaRu-*buffer*	***B***
PmFbR-*buffer*	***A***
ScFaR-*buffer*	***M***
ScFaRu-*buffer*	***MB***
ScFbR-*buffer*	***M***

METODOLOGIA UTILIZADA PARA O MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO GEOMORFOLÓGICO: BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA, SANTA MARIA – RS

Edson Luis de Almeida Oliveira
Luis Eduardo de Souza Robaina
Bernadete Weber Reckziegel

LAGEOLAM, UFSM, Av. Roraima, Prédio 17, Sala 1113C
Bairro Camobi. CEP: 97.105-900.
lesro@hanoi.base.ufsm.br; edsongeog@yahoo.com.br

OLIVEIRA, E. L. A.; ROBAINA, L. E. S.; RECKZIEGEL, B. W. Metodologia utilizada para o mapeamento de áreas de risco geomorfológico: bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria – RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 248-261. (CD-ROM)

RESUMO
O estudo apresenta uma metodologia usada para o zoneamento e hierarquização das áreas de risco geomorfológico na Bacia Hidrográfica do arroio Cadena, Santa Maria, RS. Considera-se para determinar as áreas de risco fatores como drenagem, características geológicas/geotécnicas e parâmetros morfométricos do relevo. A hierarquização estabelece além desses fatores a ocorrência de acidentes. O mapeamento de áreas de risco é importante ferramenta de gerenciamento e permite um detalhamento do zoneamento dos riscos.
Palavras-chave: áreas de risco, geomorfologia, dinâmica superficial.

ABSTRACT
The study present the methods used to the zoning and hierarchization of the geomorphological risk areas identified in Cadena Creek's Drainage Basin, Santa Maria/RS. Considering factors such as stream, geologic/geothecnical characteristics, morphological parameters and urban occupation was possible determine risk areas. These parameters and the hazardous reported were to establish the hierarchization. The maps have proved useful in risk manangement and have led to detailed risk zoning.
Key-words: risk areas, geomorphological, surface dynamic.

1. INTRODUÇÃO

A urbanização constitui-se em uma realidade para a grande maioria dos países, pois como um processo de realização mundial vem provocando o crescimento do número e do tamanho das cidades, sendo que em muitas delas de forma muito intensa.

Sendo um processo acelerado, principalmente nos países periféricos, vem provocando algumas conseqüências, entre elas, uma que merece destaque é a segregação urbana, responsável pela construção de paisagens diferenciadas segundo os padrões sociais e fluxos produtivos.

Na cidade de Santa Maria, como em várias outras cidades brasileiras, a má distribuição de renda, e por conseqüência, a concentração fundiária urbana, levou a um processo de segregação sócio-espacial que originou vários loteamentos estabelecidos em áreas geomorfologicamente impróprias, muitas destas inseridas na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, que drena a maior parte da área urbana.

Desta forma, o conhecimento detalhado e o desenvolvimento de uma metodologia empregada para o mapeamento das áreas de risco na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena é essencial para qualquer atividade de planejamento urbano que realmente tenha por objetivo uma democratização dos "espaços" da cidade e que procure melhorar a qualidade de vida dos que nela habitam.

Nesse contexto, o presente trabalho visa apresentar uma discussão a respeito dos conceitos e da metodologia utilizada no mapeamento das áreas de Risco Geomorfológico na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena, na cidade de Santa Maria/RS.

2. DEFINIÇÃO DOS CONCEITOS DE RISCO

De forma resumida explana-se um conjunto de conceitos e idéias com relação ao tratamento de riscos naturais que deveriam ocupar diferentes etapas do planejamento e ordenamento do território. O zoneamento do território baseado na avaliação da susceptibilidade e do risco é considerado um instrumento fundamental para a integração dos riscos no planejamento ambiental, distinguindo-se entre o zoneamento para o planejamento e ordenamento do território, o de caráter preventivo e o de caráter corretivo. Desta forma, consideramos que na elaboração de um zoneamento, importa distinguir entre o conceito de susceptibilidade e o conceito de risco. O primeiro, refere-se à probabilidade de que um determinado processo natural afetar uma zona com uma determinada intensidade, independente se afetar a população. No segundo caso utilizou-se o conceito de risco de acordo com Cerri (1999), que define risco como uma condição potencial de ocorrência de um acidente, ou seja, é uma situação de perigo, perda ou dano, ao Homem e à suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processos naturais.

Assim, no zoneamento de um território com relação ao risco, há que ter em conta não somente a susceptibilidade das áreas aos processos naturais, mas também a existência de uma população, infraestrutura, atividades, etc., que possam ser atingidas.

É, portanto, diferente um zoneamento que expresse os diferentes graus de susceptibilidade, indicando atividades preventivas em áreas não ocupadas, de um zoneamento de níveis de risco, onde as ações devem ser de minimização, convivência ou reassentamentos da população.

Nesse sentido, o planejamento e o ordenamento do território deverão ser orientados para a identificação e delimitação das áreas susceptíveis de serem caracterizadas e avaliadas quanto as suas características naturais, de modo a que possam ser utilizadas na distribuição espacial dos aglomerados populacionais, otimizando a utilização e diminuindo

o impacto sobre as mesmas. Nesta concepção, as zonas territoriais que estão sujeitas a processos naturais têm, logicamente, uma capacidade menor para uma série de usos.

Resumindo, pode-se definir que um mapa final de susceptibilidade indica áreas não ocupadas que estão sujeitas a diferentes processos naturais, servindo como instrumento preventivo no planejamento e ordenamento da ocupação.

Um mapa de risco serve para a definição de planos de ação e prioridades de ajuda que devem ser integradas na política de defesa civil, que sejam exequíveis e eficazes.

Outra questão de debate relaciona-se a concepção de área de risco. No Brasil destaca-se a sistematização proposta por Cerri & Amaral (1998), onde os autores, partindo da concepção de risco ambiental, que engloba os riscos tecnológicos, sociais e naturais; subdividindo os riscos naturais em físicos e biológicos. Os primeiros compreenderiam, segundo os autores, aos riscos atmosféricos, aos riscos hidrológicos definidos pelas inundações e enchentes e, aos riscos geológicos. Os últimos são subdivididos em endógenos (terremotos e vulcanismo) e exógenos (escorregamentos, erosões) (figura 1).

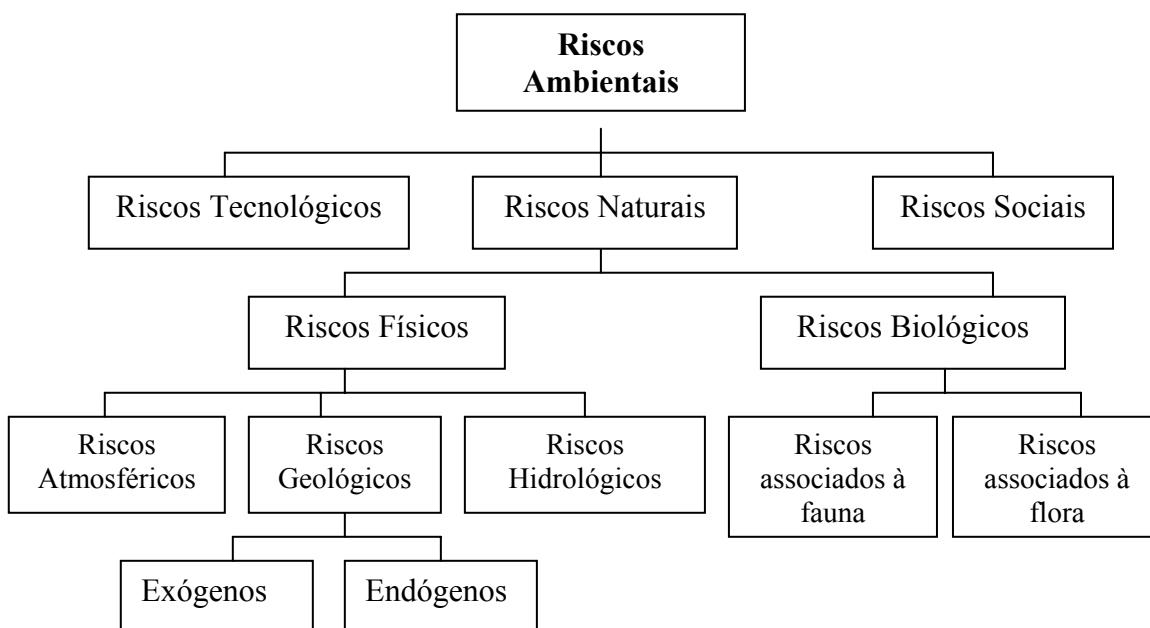
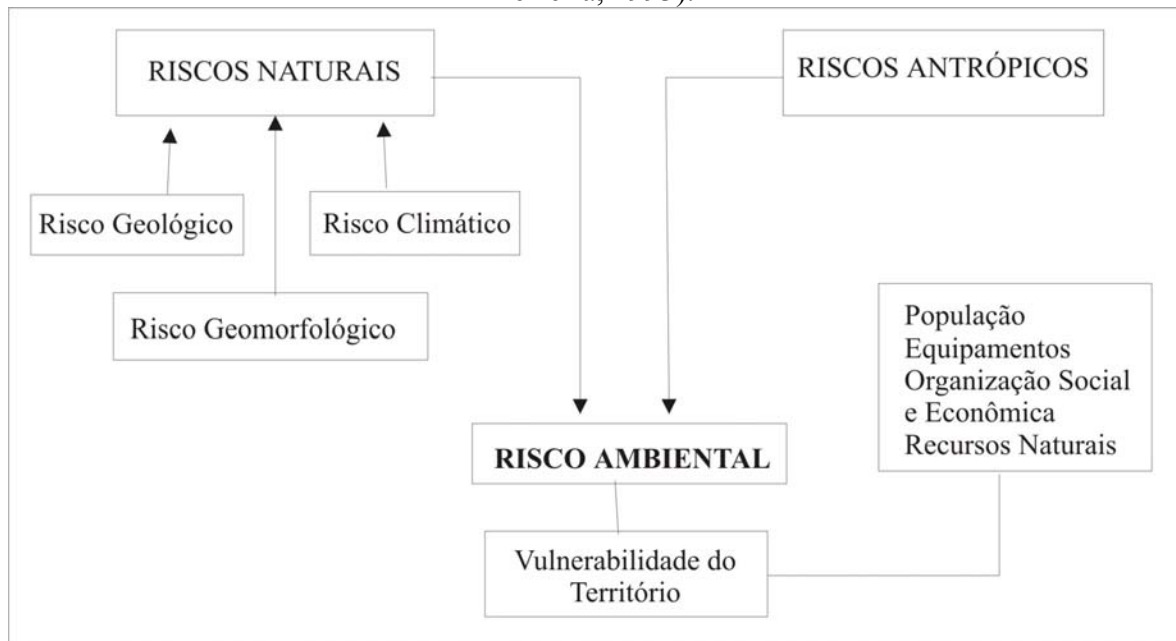
Figura 1- Sistematização dos Tipos de Risco Segundo o Processo Causador (Cerri e Amaral, 1998).

Brum Ferreira (1973), define risco integrado na noção de risco ambiental que é dividido em Natural e Antrópico. Os riscos naturais são definidos por riscos geológicos, climáticos e geomorfológicos (figura 2).

Figura 2 - Sistematização dos Tipos de Risco Segundo o Processo Causador (Brum Ferreira, 1993).

RISCOS NATURAIS
RISCOS ANTRÓPICOS
Risco Geológico
Risco Climático
Risco Geomorfológico
População
Equipamentos
Organização Social
e Econômica
Recursos Naturais
RISCO AMBIENTAL
Vulnerabilidade do Território

Nessa concepção, utilizamos o conceito de risco geomorfológico para indicar áreas sujeitas a desastres naturais associados à ocorrência de processos de dinâmica superficial. Divide-se os riscos de acordo com o processo causador: risco por dinâmica de encosta e risco por dinâmica fluvial (figura 3).

Os riscos associados à dinâmica de encosta relacionam-se aos processos erosivos e movimentos de massa atuantes em áreas íngremes, que apresentam declividade superior a 12%. Comumente os riscos por dinâmica de encosta ocorrem associados à modificação da forma original do terreno pela ação do homem, como é o caso dos acidentes que ocorrem em locais aterrados ou próximos à cortes.

Os riscos por dinâmica fluvial ocorrem em áreas planas, localizadas próximas à rede de drenagem e sujeitas a inundações, alagamentos e erosão de margens. Este tipo de risco é muitas vezes intensificado nas áreas urbanas por obras de canalização e retificação de canais fluviais e por dutos ou pontes mal dimensionadas que se transformam em barramentos à livre passagem da água.

Figura 3- Sistematização dos Tipos de Risco Conforme Proposta Deste Trabalho.

Sistema Físico

Processos Geomorfológicos

Dinâmica fluvial

Dinâmica das Encostas

Áreas Susceptíveis

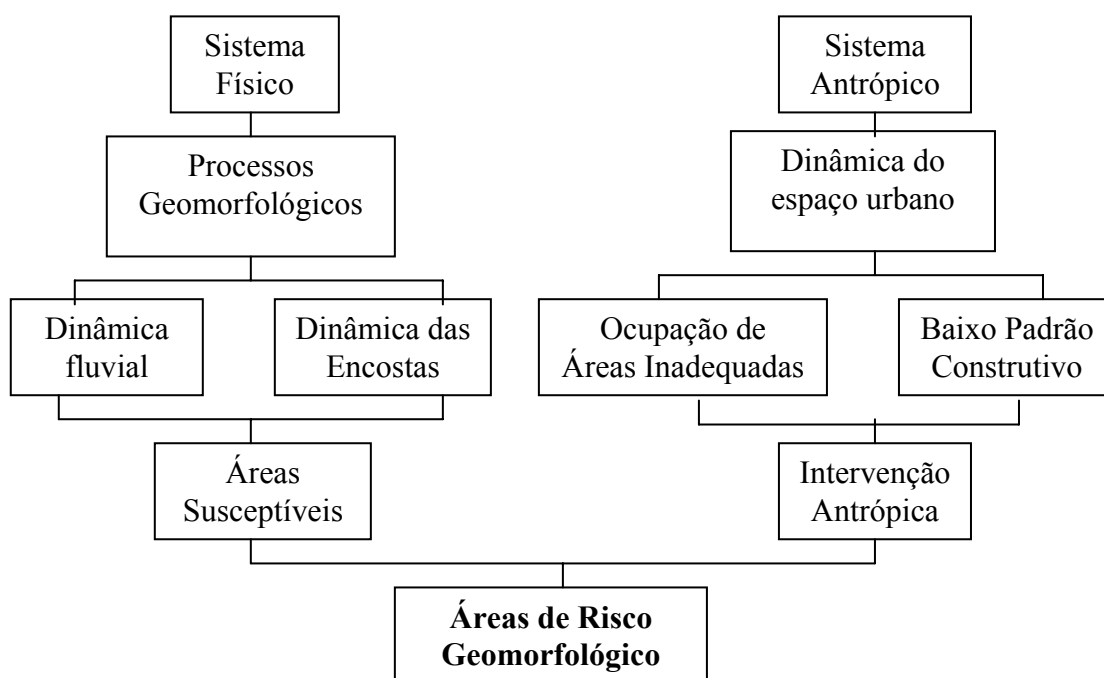
Sistema Antrópico

Dinâmica do espaço urbano

Ocupação de Áreas Inadequadas

Baixo Padrão Construtivo

Intervenção Antrópica

Áreas de Risco Geomorfológico

3. DISCUSSÃO METODOLÓGICA

A proposta metodológica apresentada neste trabalho diz respeito a análise de riscos que se associam aos processos de geodinâmica externa, e que são chamados de "riscos geomorfológicos". Para a análise dos riscos geomorfológicos leva-se em conta os seguintes fatores: susceptibilidade natural, ocupação humana e o registro de ocorrência de acidentes.

3.1.Susceptibilidade

A susceptibilidade foi estabelecida a partir das características físicas da área, associadas à rede de drenagem, ao relevo e aos parâmetros geológicos/geotécnicos.

As intervenções diretas nos canais estão relacionadas com a proteção das margens com pedras soltas e pneus, usados para conter a erosão das margens, e em muitos casos, a plantação de taquareiras. Associado às populações de maior poder aquisitivo, quando no seu terreno cruza um canal fluvial, ocorre a construção de muros de arrimo ou até mesmo de pequenas galerias setorizadas, onde o canal fica completamente fechado em alguns trechos.

Com a elaboração de um mapa dos canais urbanos e sua distribuição espacial na sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena, foi possível obter uma setorização por microbacias hidrográficas, onde estabeleceu-se o estado de intervenção na rede de drenagem em: *Bacias com alto impacto*: refere-se às microbacias onde a rede de drenagem encontra-se no seu estágio máximo de descaracterização, pois a maioria dos canais ou

encontra-se fechado, retificado ou misto. Ocorre nas áreas onde o processo de urbanização é mais antigo e, conseqüentemente, onde tem-se as maiores alterações da rede de drenagem; *Bacias com médio impacto*: são aquelas onde os canais já mostram vestígios de alterações, com alguns trechos mistos e algumas nascentes já canalizadas de modo fechado, ainda com trechos com baixa intervenção antrópica; *Bacias com baixo impacto*: são aquelas bacias onde a ocupação urbana encontra dificuldade de expansão. Desta forma o adensamento populacional é menor e a ocupação é mais recente. Ressalta-se que estas áreas constituem-se em vetores de crescimento da cidade; *Bacias não urbanas*: são aquelas onde predominam atividades rurais, ou seja, são aquelas onde não há um espaço urbano altamente construído.

As unidades de relevo foram baseadas em Robaina et al. (2002), que definiram dois sistemas denominados de áreas de dissecação e áreas de acumulação. Estes sistemas foram divididos em porções menores do terreno descritas pelas características do relevo e onde os processos de dinâmica superficial se diferenciam. As unidades do sistema de dissecação são: escarpas com topos planos e morros testemunhos, onde os movimentos de massa são processos importantes, colinas junto ao rebordo onde os processos erosivos são significativos e colinas suaves. As unidades de acumulação de dividem em áreas de terraço, planície aluvial alta e planície aluvial baixa onde as inundações são mais significativas.

Os parâmetros geológicos/geotécnicos permitem determinar os fatores restritivos a ocupação urbana. Em Santa Maria os trabalhos de campo e a base do mapeamento geotécnico de Maciel Filho (1990), definiram 3 áreas: as áreas sem restrições para ocupação urbana; as áreas desfavoráveis, definidas pelas planícies de inundação dos arroios com deposição de material recente e lençol freático próximo a superfície e, também, as áreas com declividades da vertente próxima a 12%; as áreas não adequadas correspondendo as margens de arroio em uma extensão de 15m do canal e áreas com declividades superiores a 12%.

Além desses fatores observa-se algumas condições dadas pela legislação, como:

- Áreas com proximidade inferior à 30 metros dos cursos fluviais, que por serem próximas ao leito são susceptíveis aos processos de inundação e solapamento das margens. A Lei Federal 6.766/79 estabelece as áreas junto aos canais como sendo "non aedificandi" e também conforme o Código Florestal Brasileiro, Lei nº 4.771/65, art. 2º que institui as áreas de preservação permanente as matas ciliares naturais numa faixa marginal mínima de 30m, em cursos d’água com menos de 10m de largura;

- Áreas com declividades superiores a 30% necessitam de projetos especiais, conforme a Lei federal 6.766/79.

3.2.Padrão urbano da área

A ocupação humana desempenha um papel primordial não só na delimitação de áreas de risco, como também na hierarquização. Na delimitação das áreas de risco é a presença ou não de ocupação que define se a mesma é de risco ou apenas susceptível. Na hierarquização do risco leva-se em conta as características da ocupação que possam quantificar o perigo à que a população está exposta.

O padrão função urbana foi definido com base na proposta de Robaina (1999), em que se entende como função urbana às atividades vinculadas ao processo de produção econômica ou ao processo de reprodução das relações subjacentes à produção econômica. Assim, diferentes padrões acarretam diferentes demandas na dinâmica espacial da cidade.

Na definição do Padrão Urbano foram consideradas as características construtivas/estruturais das moradias (padrão construtivo alto/médio/baixo), as condições de infra-estrutura básica oferecidas à população residente na área (rede pluvial, canalização do esgoto cloacal e pluvial, obras de contenção e rede viária), bem como o adensamento populacional e a forma de ocupação do espaço (ordenada/desordenada).

A partir destes levantamentos pode-se estabelecer o padrão urbano dividindo-se em Alto, Médio e Baixo Padrão Urbano. Para a hierarquização foram atribuídos valores de 0 e 1 para os parâmetros considerados de acordo com sua ocorrência, como pode ser observado no Quadro 01:

Quadro 01 – Parâmetros utilizados para a definição do Padrão Urbano:

Variável	Característica	Valor
Malha Viária	Pavimentada	1
	Não Pavimentada	0
Esgoto	Canalizado	1
	Direto no Ambiente	0
Rede Pluvial	Apresenta	1
	Não Apresenta	0
Padrão Construtivo	Alto/Médio	1
	Baixo	0
Ocupação	Organizada	1
	Desordenada	0
Obras de Contenção	Apresenta	1
	Não Apresenta	0

A caracterização da área segundo essas unidades possibilitou a divisão do espaço baseado na soma dos valores atribuídos às características que apresentam:

→Alto Padrão: Constituí as áreas que tenham apresentado valor máximo (6) na soma total dos atributos;

→ Médio Padrão: Constituí as áreas que tenham apresentado soma igual a 3, 4 e 5;

→ Baixo Padrão: Áreas que tenham apresentado soma igual a 0, 1 e 2.

3.3.Registro de acidentes

O registro de acidentes é utilizado na hierarquização do risco, como um fator agravante da situação de risco já instalada. Este parâmetro apresenta uma dificuldade na metodologia devido a falta de dados dos órgãos públicos. Dessa forma, a coleta de dados foi obtida através de pesquisa dos registros verificados no acervo do jornal local "A Razão" no período de 1980 até 2002. Além disso, durante os trabalhos de campo realizaram-se entrevistas com os moradores das áreas de risco, onde procurou-se identificar o tipo e extensão dos processos. A partir dessa análise foi possível estabelecer as áreas da cidade com ocorrência de acidentes, o tipo de acidente mais comum e o período de ocorrência.

A análise dos registros mostra que os processos de dinâmica de encosta são menos significativo, mas o adensamento populacional tem aumentado a possibilidade de acidentes.Os processos associados à dinâmica fluvial são os mais importantes e sendo que o ano de 1982 e o mês de outubro são o período de maior ocorrência de eventos com acidentes. O local da cidade mais afetado está situado na unidade de relevo da planície de inundação baixa, na localidade denominada de vila Urlândia.

3.4.Definição do Grau de Risco

O grau de risco é o produto do cruzamento entre o padrão urbano e a ocorrência de algum acidente na área.

Para estabelecermos a quantificação em relação à probabilidade de ocorrência de um acidente utilizou-se o conceito de probabilidade subjetiva utilizado por Carvalho & Hachich *apud* Parizzi, M. G (2002), no qual a probabilidade é considerada uma medida do estado de conhecimento do indivíduo a respeito de um particular fenômeno, ao invés de uma característica que só pode ser avaliada através de um número suficientemente grande de observações do fenômeno. O quadro 02 exemplifica o cruzamento das variáveis consideradas.

Quadro 02: Definição do Grau de Risco com Base no Cruzamento do Padrão Urbano com a Ocorrência ou não de Acidentes.

Acidentes Padrão	NÃO	SIM
ALTO	Baixo	Moderado
MÉDIO	Moderado	Alto
BAIXO	Alto	Iminente

Desta forma foi possível estabelecer 4 graus para as áreas de risco, identificados por números romanos e representado cartograficamente por cores.

Risco IV

Quando a área ocupada com Alto Padrão apresenta susceptibilidade natural e não tem registro de ocorrência de eventos, constituí-se numa área de grau IV, considerada de baixo risco;

Risco III

Ocorre quando a área apresenta-se com susceptibilidade natural e está ocupada com moradias de Médio Padrão Urbano sem ocorrência de eventos ou se a área susceptível estiver ocupada por moradias de Alto Padrão Urbano com registro de ocorrências. Constituem áreas de risco moderado de grau III.

Risco II

Quando a área susceptível apresentar predomínio de ocupação de Médio Padrão Urbano com registro de eventos ou de baixo padrão sem registro de evento, constituí-se em áreas de alto risco de grau II.

Risco I

Quando a área ocupada com moradias de Baixo Padrão Urbano apresentar susceptibilidade natural e ocorrência de eventos é considerada de risco iminente, recebendo o grau I, onde a intervenção deve ser de curto prazo.

Assim, foi possível realizar as generalizações possíveis, pois de acordo com Ross (2001), é nesse nível da pesquisa que os dados puros deixam de existir simplesmente como informação factual, e sim assuem um caráter interpretativo.

O fluxograma da figura 4 resume os procedimentos Metodológicos:

Figura 4- Procedimentos Metodológicos para Zoneamento e Hierarquização de Áreas de Risco Geomorfológicos.

Levantamento Bibliográfico

Trabalho de campo

Cartas de relevo

Cartas de drenagem

Mapa Geol./Geotec.

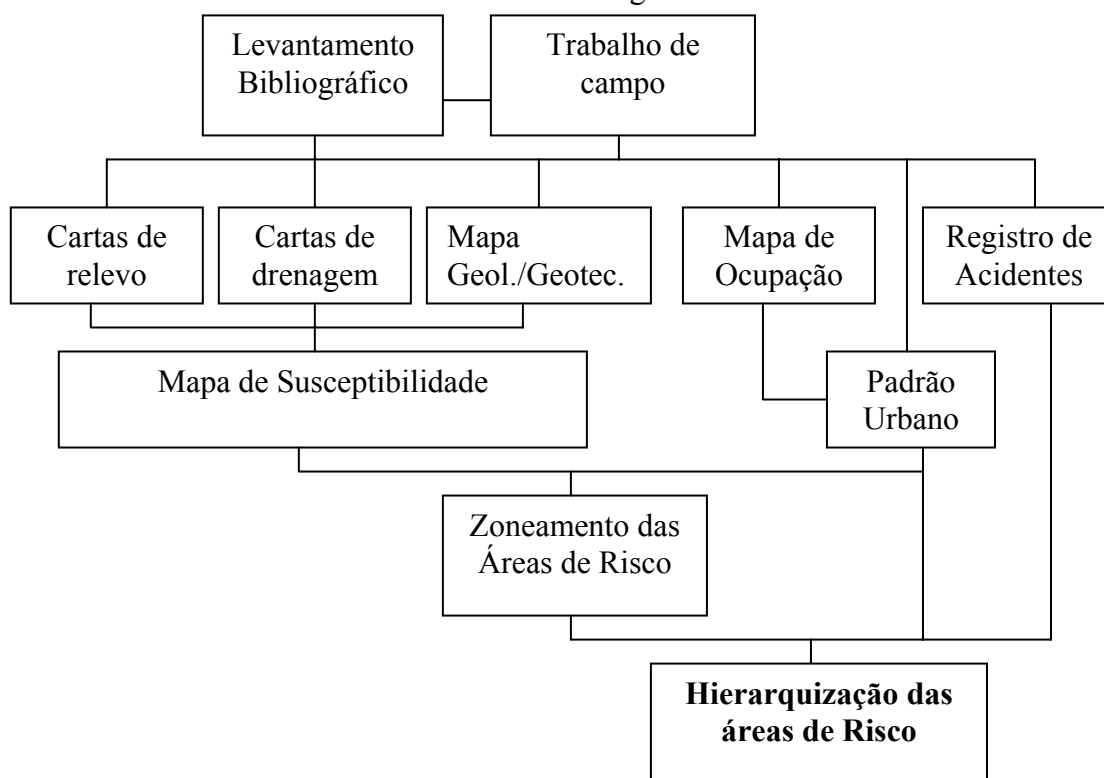
Mapa de Ocupação

Registro de Acidentes

Mapa de Susceptibilidade

Padrão Urbano

Zoneamento das Áreas de Risco

Hierarquização das áreas de Risco

4. MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CADENA

Com a aplicação da metodologia proposta foi possível construir um mapa síntese onde as áreas de risco geomorfológico foram hierarquizadas de acordo com os critérios adotados, na bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria, RS, que pode ser visto na figura 05.

As áreas de risco identificadas na bacia do Arroio Cadena estão associadas à dinâmica das vertentes e à dinâmica fluvial. No que se refere à dinâmica de encosta, tem-se riscos por erosão, como também por movimentos de massa, este em menor proporção. Os riscos associados à dinâmica fluvial são os que predominam e foram identificados tanto nos trabalhos de gabinete como nos trabalhos de campo realizados nos canais de drenagem inseridos na área urbana.

4.1. Áreas de risco associadas à Dinâmica de Encosta

A análise conjunta das áreas de risco por dinâmica das vertentes evidencia que a erosão é a principal ameaça, sendo que sobre as formações sedimentares Santa Maria e Caturrita, estas altamente susceptíveis a desenvolverem tal processo, é onde encontramos o

melhor padrão urbano, que em função da melhor infra-estrutura da área, aliada a capacidade econômica de seus habitantes, hoje apresentam baixo risco aos processos erosivos de vertente.

Já os movimentos de massa são processos evidenciados com menor amplitude na Bacia, em função das áreas com maior declividade hoje ainda não se constituírem em áreas densamente ocupadas, mas que em face da dinâmica urbana tendem a aumentar.

Atualmente alguns vetores de crescimento já são possíveis de serem observados, no morro Cechela localizado a nordeste na microbacia, tanto na vertente deste voltada para a Bacia do Arroio Cadena, como na que drena águas da Bacia do Arroio Vacacaí-Mirim.

4.2. Áreas de Risco Associadas à Dinâmica Fluvial

Na confluência dos canais formadores da Bacia do Arroio Cadena com o curso principal deste, são comuns os eventos que causam inundações/alagamentos, atingindo as residências ai localizadas, estas por apresentarem um baixo padrão urbano, e estando localizadas em área susceptível onde já foram registrados eventos/acidentes, fazem com que estas áreas possuam risco iminente face aos processos da dinâmica fluvial, notadamente as inundações/alagamentos.

No trecho que o Arroio Cadena percorre o sentido leste-oeste foi o local que ao longo da história de Santa Maria vêm recebendo constantes modificações nas características do canal e onde as águas pluviais contribuintes percorrem a grande mancha urbana que recobre a vertente norte da colina onde está o centro da cidade de Santa Maria. Este trecho possui um alto grau de impermeabilização do solo, o que provoca uma forte concentração de água que chega ao canal principal em um curto intervalo de tempo.

Neste trecho encontramos um grande número de eventos/acidentes registrados associados à dinâmica fluvial, atingindo o Bairro Salgado Filho, Vilas Kennedy, Carolina e Brenner. Este setor da Bacia foi considerado como sendo de risco iminente junto ao canal, pela alta susceptibilidade natural associada a uma grande vulnerabilidade do sistema social, representando pela população de baixa renda que durante a evolução do espaço urbano ficou condicionada a habitar estes locais.

Ao longo do tempo o canal principal do Arroio Cadena teve sua capacidade erosiva acrescida consideravelmente, deixando em situação de risco aos processos de solapamento das margens as habitações construídas ao longo de sua margem. Este aumento nos processos fluviais ocorreu em decorrência das obras de canalização e retificação, realizadas no seu canal principal e em alguns afluentes, iniciadas nos anos de 1968/69 e

complementadas nas décadas de 80 e 90 e certamente pelo aumento da área impermeabilizada na bacia.

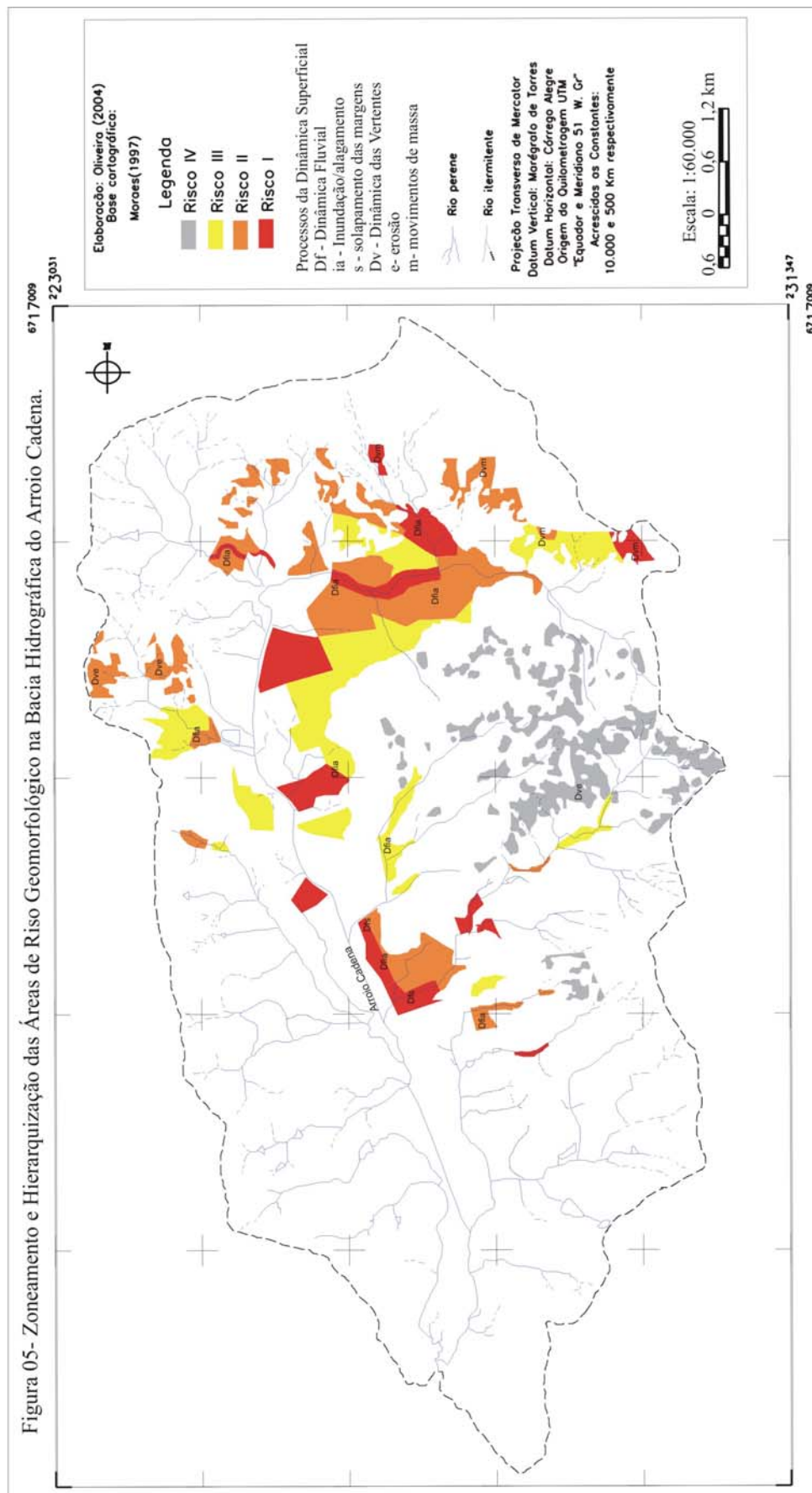
As intervenções realizadas no sentido de retificar o canal durante a década de 80, consistiram na mudança do percurso do arroio, jogando-o mais para oeste, além do aprofundamento e alargamento das margens. Essas obras tiveram por objetivo acabar com as inundações nas áreas com maiores problemas como o Bairro Salgado Filho, a Vila Brenner, Carolina e Kennedy, este objetivo foi parcialmente alcançado, conforme evidências colhidas nos arquivos do jornal A Razão, pois os eventos/acidentes relacionados com os lugares acima citados diminuíram sensivelmente durante a década de 90. Em compensação, como nenhuma medida foi tomada no sentido de preservar a área modificada para que esta não virasse área urbana, gradualmente a população foi edificando suas moradias sobre o antigo canal e áreas adjacentes, e hoje os problemas erosivos das margens, as inundações/alagamentos ocorrem com maior intensidade atingindo as Vilas Oliveira, Lídia, Renascença, Arco-Íris, como confirmam os arquivos pesquisados, na década de 90, estas são as áreas mais afetadas da Bacia do Arroio Cadena.

Outras vilas como a Urlândia e Santos localizadas entre a foz da Sanga da Aldeia e a foz do Arroio Cancela, ambos afluentes da margem esquerda do Arroio Cadena são locais onde ocorrem sérios eventos/acidentes de inundações/alagamentos.

As áreas da Vila Santos e Urlândia, onde a ocupação avançou até as margens, são caracterizadas como sendo de iminente risco aos processos de erosão, e os locais onde as declividades são inferiores a 2%, ou as ocupações sobre os depósitos fluviais, os riscos são elevados aos processos de inundações/alagamentos em face da densidade populacional de baixo poder aquisitivo que configura nestes lugares um baixo padrão urbano, pois nestas vilas historicamente são palcos de eventos/acidentes, produzindo desta forma áreas de risco geomorfológico alto a iminente.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As transformações provocadas pela sociedade no ambiente natural, assumiram proporções gigantescas com o advento do capitalismo industrial, é a partir deste marco na história que a população começa sua marcha em direção aos núcleos urbanos nascentes.

Figura 05- Zoneamento e Hierarquização das Áreas de Riso Geomorfológico na Bacia Hidrográfica do Arroio Cadena.

A interpretação dos processos geomorfológicos causadores de risco na Bacia do Arroio Cadena assim como o desenvolvimento de uma metodologia que permita o zoneamento e hierarquização, são de fundamental importância para qualquer atividade de planejamento ambiental e urbano democrático e com a participação de todos os setores da sociedade.

A metodologia empregada mostrou-se satisfatória e foi possível identificar, que os maiores problemas encontrados estão vinculados a dinâmica fluvial, fato que pode ser evidenciado pela distribuição espacial das áreas de risco na Sub bacia do Arroio Cadena, associadas a sua planície de inundação e de seus afluentes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUM FERREIRA, A. Geomorfologia e Ambiente, Contributo Metodológico. Estudos de Geografia Física e Meio Ambiente, C.E.G., Linhas de Acção de Geografia Física, **Rel. n°32**., 1993.

CERRI, L. E. da S. Riscos Geológicos Urbanos. In: CHASSOT, Attico & CAMPOS, Heraldo (Orgs.). **Ciências da Terra e Meio Ambiente**: Diálogo para (inter)ações no Planeta. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 1999, p. 49-73.

CERRI, L. E. da S.; AMARAL, C. P. do. Riscos Geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia.** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998, p.301-310.

MACIEL FILHO, C.L. **Carta Geotécnica de Santa Maria (1:25.000).** Santa Maria: UFSM, 1990.

PARIZZI, M. G. *et al.* Caracterização Geológica-Geotécnica e Avaliação do Risco do Conjunto Taquaril, Belo Horizonte (MG). In: **Anais...**10º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 25 a 28 de agosto de 2002 – Ouro Preto, MG.

ROBAINA, L. E. De S. **Análise Ambiental da região de influência do Rio dos Sinos, entre o Arroio Campo Bom e o canal João Corrêa, com ênfase a metais pesados.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências. UFRGS, 1999.

ROBAINA, L. E. De S. *et al.* Unidades de Landforms na Bacia do Arroio Cadena, Santa Maria – RS. **Ciência & Natura**. Santa Maria. v.24:139-152, 2002.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento.** 6° ed. São Paulo: Contexto, 2001. (Repensando a Geografia).

DINÂMICA FLUVIAL E CARTOGRAFIA DAS ÁREAS DE RISCO NO RIO ROLANTE/RS

OTO GUILHERME PETRY[1]
ROBERTO VERDUM[2]

[1]Progama de Pós-graduação em Geografia/IG/UFRGS
[1]Secretário Municipal de Educação e Esportes em Rolante/RS
[2]Departamento de Geografia/IG/UFRGS
otopetry@bol.com.br; verdum@ufrgs.br

PETRY, O. G.; VERDUM, R. Dinâmica fluvial e cartografia das áreas de risco no rio Rolante/RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 262-276. (CD-ROM)

RESUMO
Os motivos provocadores deste trabalho se debruçam sobre uma das inúmeras variantes na relação da sociedade com a natureza, a qual ocorre com freqüência como se fosse um confronto. Assim, tem-se realizado análises para demonstrar o grau de redução da mata ciliar, de evidenciar a sua relação e importância quanto aos processos morfogenéticos nas margens dos rios e avaliar que a sua recomposição é uma alternativa viável e de grande importância, como agente capaz de diminuir a intensidade desses processos.
Especificamente para este trabalho busca-se a identificação e localização dos pontos críticos para a elaboração da *cartografia das áreas de risco* mais suscetíveis a esses processos. Além disso, esses pontos no rio são selecionados com a intenção de constituírem subsídios para projetos de recomposição da mata ciliar, atrelados a programas que incorporem o aspecto educativo nos alunos da rede de ensino do município.
A área deste estudo foi analisada com o uso da carta topográfica na escala de 1:50.000, levantamentos fotográficos, croquis, relatos e vídeos. Como forma de monitoramento utilizou-se a técnica de pinos de erosão/deposição em quatro locais distintos. Também foram realizadas visitas de campo, quando então, se procedeu a identificação das áreas de risco e dos locais onde devem ser implementadas ações de proteção das margens, através do plantio de árvores, com a finalidade de reestabelecer a vegetação. Isto é, a quantidade a ser introduzida naquele local, como também as espécies necessárias para a recomposição da mata ciliar.
Palavras-chave: mata ciliar, área de risco, erosão, deposição, cartografia.

FLUVIAL DYNAMICS AND CARTOGRAPHY OF THE RISK AREAS IN THE ROLANTE RIVER/RS

ABSTRACT
The provocative reasons of this work, that leans over on one of the countless variants of the relationship of the society with the nature, which occurs with frequency as if it was a confrontation, they are the ones of developing analyses to demonstrate the reduction degree of the ciliary forest, to evidencing its relationship and importance as for the morphogenetic processes in the margins of the rivers and to evaluating that your recomposition is a viable option and of great importance, as capable agent to reduce the intensity of these processes. Specifically for this study, the identification and location of the interest points of the study were made from the cartography of the more susceptible risk areas. Besides, these points in the river were selected with the intention to constitute in subsidies for possible recomposition projects, harnessed to projects that incorporate the educational aspect.The area of this study was analyzed with the use of the topographical letter in the scale of 1:50.000, photographics surveys, croquises, reports and videos. As accompanying form was used the technique of erosion/deposition pins in different four places. Also visits were accomplished when then we proceeded the identification of the risk areas. That is, the amount to be introduced in that place, as well as the necessary species for the recomposition of the ciliary forest.
Key-words: ciliary forest, risk area, erosion, deposition, cartography.

1. INTRODUÇÃO

Relativamente a importância e significância dos rios enquanto agentes morfogenéticos, assim refere-se Christofoletti: "O escoamento nos canais fluviais apresenta diversas características dinâmicas, que se tornam responsáveis pelas qualidades

atribuídas aos processos fluviais. A dinâmica do escoamento, no que se refere à perspectiva geomorfológica, ganha significância na atuação exercida pela água sobre os sedimentos do leito fluvial, no transporte dos sedimentos, nos mecanismos deposicionais e na esculturação da topografia do leito", (1981, p.1).

É importante salientar que os cursos d'água, em seu comportamento normal, são por excelência modeladores do relevo enquanto agentes causadores de processos erosivos e deposicionais, em outras palavras, seria a construção e descontrução de feições topográficas que sempre existiram sem ou com a presença humana.

Neste sentido, Cunha e Guerra explicam que: "Certos processos ambientais, como lixiviação, erosão, movimentos de massa e cheias, podem ocorrer com ou sem a intervenção humana. Dessa forma, ao se caracterizar processos físicos, como degradação ambiental, deve-se levar em consideração critérios sociais que relacionam a terra com seu uso, ou pelo menos, com o potencial de diversos tipos de usos. A medida em que a degradação ambiental se acelera e se amplia espacialmente, numa determinada área que esteja sendo ocupada e explorada pelo homem, a sua produtividade tende a diminuir, a menos que o homem invista no sentido de recuperar essas áreas", (1996, p.342). É neste momento então, que a dinâmica fluvial passa a se converter em risco. Risco porque, este passa a interferir e causar prejuízos das mais variadas formas, nas atividades humanas.

Nesta abordagem Andrade observa que "os rios, com as suas bacias desmatadas, vêm sofrendo alterações sensíveis nos seus regimes, acarretando grandes desníveis de volume d'água entre os meses de chuvas mais intensos e os meses secos. Além disso, vem sendo utilizados pelas indústrias e pelas cidades, como condutos de resíduos e de águas servidas tendo o seu curso poluído e a sua fauna e flora exterminados (...) Enfim, o homem na sua ganância de acumular capitais, vem destruindo a biosfera", (1980, p.93). E, acrescentamos ainda, o consumo d'água em inúmeras atividades no setor primário, principalmente no que se refere à irrigação.

2. METODOLOGIA PARA AVALIAR AS CHEIAS NO RIO ROLANTE

O processo de ocupação e formação do município de Rolante, *figura 1*, nas décadas mais próximas e ainda, contemporaneamente, ocupa as várzeas até as margens, não apenas com atividades de agricultura e pecuária mas, em inúmeras situações, com prédios para moradia, galpões e estábulos que se encontram próximos das margens. Proximidade que, tende a aumentar com o recuo das margens como resultado imediato da erosão, na maioria das vezes, causado pelo solapamento, o qual se torna mais intenso e

evidente, especialmente durante as cheias ditas normais e, de forma perturbadora, nas cheias exepcionais.

Os registros históricos dão conta que desde os primitivos tempos do início da ocupação desta região, por volta de 1737, as cheias do rio foram marcantes e que, em função de sua impetuosidade, este recebeu o nome de Rolante. Todavia, estas cheias por longo tempo, ainda que referidas como grandes, eram nesta época pouco perturbadoras, considerando o fato da inexistência de um núcleo urbano expressivo. Portanto, até aí, mais uma enchente que veio e que se foi, danos para quem?

Mas, a partir da instalação da Vila e sua expansão até os dias de hoje, passa-se a ter problemas com as cheias, em função dos prejuízos por elas causados. No princípio, o alagamento e a destruição das lavouras nas áreas inundáveis, algumas poucas edificações e, os processos observáveis na calha do rio: banco de seixos, solapamento, derrubada e arrasto de árvores, depósito de areia, barras em pontal, desbarrancamentos ou o que mais viesse a ocorrer como fruto da cheia. Mas, todos esses processos ficavam restringidos ao ambiente fluvial e a mata ciliar que lhe era vizinha, porque aí não estava a sociedade, a Vila.

Contudo, este cenário se modifica e as cheias passam a ter uma significância maior, pois, já com relação a cheia de abril de 1906, relata o pastor Götz: “Nós lemos em velhos documentos: documentos de uma grande cheia em abril de 1906”, (1962, p.39).

As grandes cheias continuam a ocorrer, como a de 4 de outubro de 1936, registrada com documentos fotográficos que oferecem uma excelente visão panorâmica da parte central da Vila do Rolante, hoje a avenida Borges de Medeiros, completamente alagada. Esta inundação obviamente causou prejuízos à Vila como um todo e a cada morador, proprietário ou não, cujo prédio e/ou lavoura foi invadido pelas águas.

O mesmo pastor Götz escreve: “Exatos 50 anos depois, também no mês de abril do ano de 1956, novamente tivemos uma grande enchente; as águas quase chegaram até a Igreja pela estrada acima e por alguns dias a população de Rolante ficou sem contato com o mundo exterior”, (1962, p. 39).

Outras, existiram, entretanto em 28 de junho de 1982 tivemos infelizmente a mais violenta das cheias já existentes, não só até aquela data, como até o presente momento. As ruas centrais, após o recuo das águas ao leito do rio, mostravam a potencialidade da cheia pelo acúmulo de lama, areia, seixos, árvores, pelos postes tombados, muros derrubados, pelas casas carregadas, outras deslocadas do seu sítio e pela devastação das lavouras, pelo calçamento arrancado e amontoado ao longo das ruas. Nesta enchente, o nível das águas e

área abrangida foram notáveis, sendo que os registros fotográficos mostram uma vista parcial da inundação no centro da cidade, onde pode-se ver que as águas alcançaram as bases das igrejas.

Lamentavelmente, neste evento, a cidade de Rolante chorou por vidas humanas. Quanto ao número exato, não se tem registro mas, os comentários dão conta de três a cinco vítimas fatais. Além disso, registra-se ainda a morte de inúmeras cabeças de gado, sendo o mais atingido o gado leiteiro e suíno, além das aves, sendo a maioria destes animais perdidos por seus proprietários. As propriedades lindeiras ao rio e onde se praticava agricultura, independente do cultivar, em sua maioria teve perda total, entretanto, o maior prejuízo foi a destruição de uma vasta área agrícola quando somadas as parcelas individuais. A maioria destas, dedicavam suas atividades a práticas olerícolas.

Nestas áreas, que foram destruídas para a prática agrícola, os processos observados foram a erosão laminar com transporte da camada de solo, não raro de forma total e que impediu por anos consecutivos os cultivos comerciais ou de subsistência, o que resultou em investimentos para sua recuperação. Outras áreas viram suas lavouras cobertas por extensos bancos arenosos e seixos. Isto ocorreu também, nos chamados potreiros e piquetes, áreas destinadas a alimentação dos animais, especialmente para o gado leiteiro e aos animais de serviço como as "juntas de boi de canga" e/ou eqüinos.

Buscando demonstrar o potencial das cheias e do processo erosivo do rio Rolante, além do analisado até o momento, apresenta-se o hidrograma/pluviograma de 1982, *figura 2,* onde, inicialmente, é possível verificar que as precipitações estão longe de serem "bem distribuídas" como parece ser a idéia geral nos estudos relativos à distribuição das chuvas no

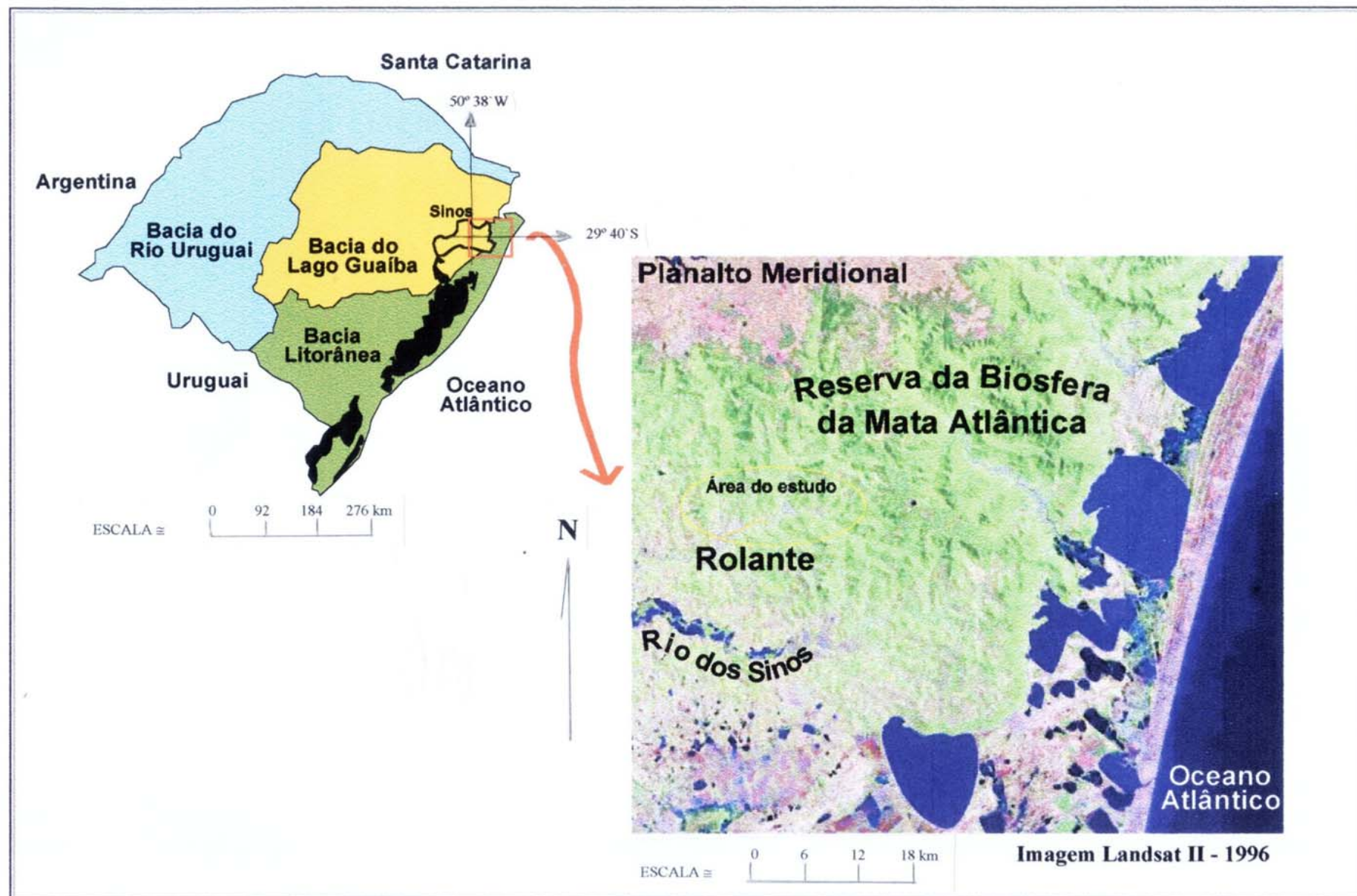
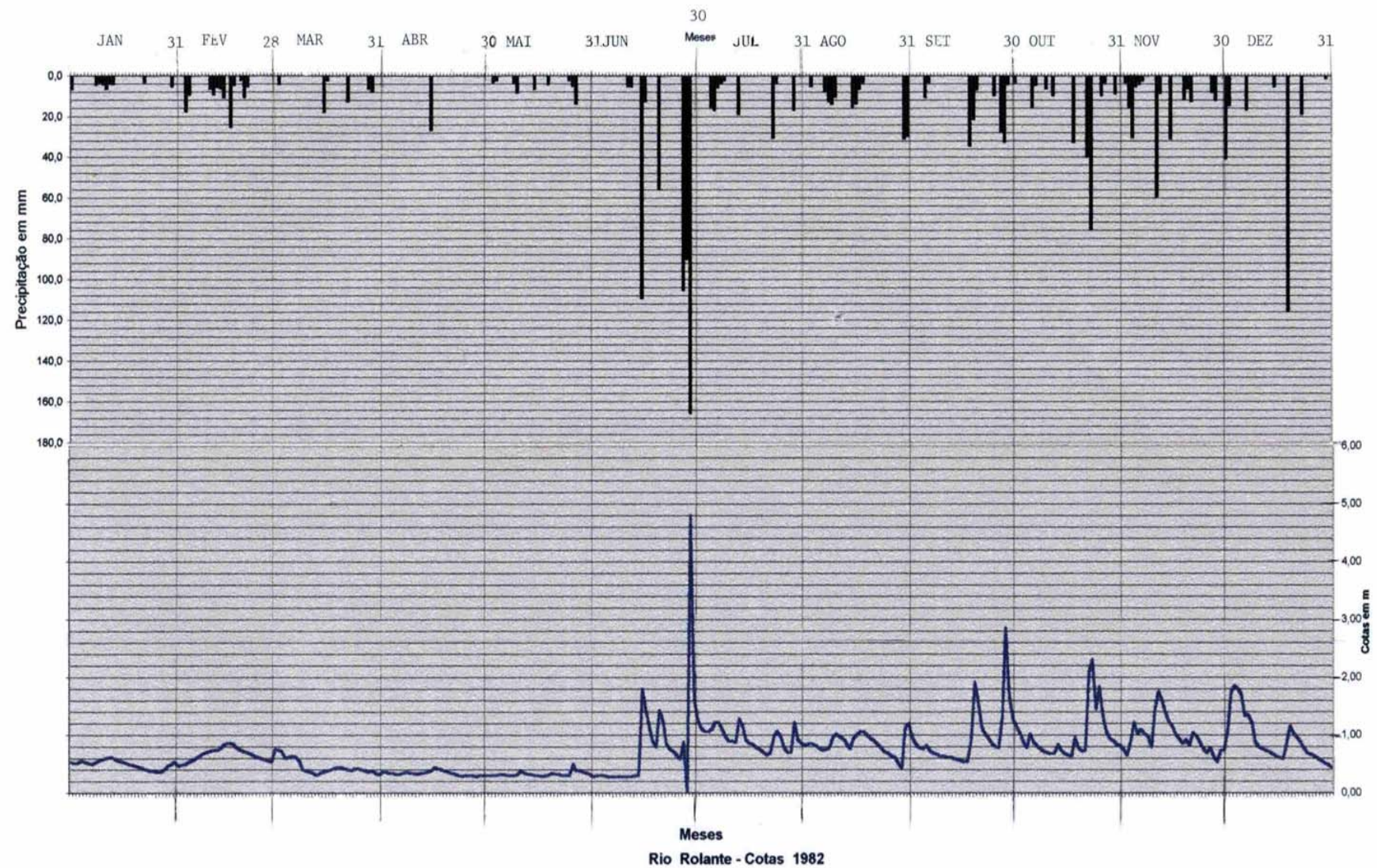



Figura 1: Localização regional da área de estudo no rio Rolante, Rolante/RS

Figura 2: Rolante – Precipitação 1982

Rio Grande do Sul. Isto, não apenas para a população em geral mas, também, entre uma parcela significativa de profissionais. Durante este ano foram 106 dias com ocorrência de precipitação totalizando 1.854,2 mm, variando de 6 até 14 dias em cada mês, exceção para o mês de abril com apenas um dia, em que choveu 26,4mm.

O mês de novembro com o maior número de dias de chuva, foram 14, não foi o mais chuvoso – 208,2mm, tampouco fevereiro com 110,6mm em 12 dias. Maio com 9 dias, totalizou 47,7mm, mas junho com 8 dias somou 547,6mm e, deste total, **360,6mm em apenas 3 dias, com 165,4mm no dia 29**, como o dia mais chuvoso do ano. Este, inclusive, foi o segundo dia da enchente, registrando o pico no hidrograma com 4,80m medidos na régua situada na estação fluviométrica Rolante. Observa-se ainda que, no dia 28 desse mês não há o registro da cota, pois não foi possível realizar a leitura, em função da altura das águas.

Nota-se ainda que, no primeiro semestre, até metade de junho, o hidrograma é uma linha sem picos, tendo uma ascenção em fevereiro que vai até o fim da primeira quinzena e, a partir daí, volta a diminuir até o final do mês, um período sem sobressaltos e, provavelmente, com pequena atividade erosiva.

Todavia o mês de junho é marcante. A partir de 15 de junho o hidrograma mostra as pulsações de débito como sendo o resultado do volume de precipitações e, evidentemente, a vista deste comportamento, o trabalho erosivo/deposicional torna-se intenso com atividades de desconstrução e construção do leito e das margens do rio.

A significância desta marca de 4,80m como uma das cotas já alcançadas pelo rio Rolante, também pode ser apreciada com o auxílio da *figura 3,* na qual assinala-se aspectos importantes para o presente trabalho, tais como: nível de base, zero da régua fluviométrica, nível de estiagem, nível de altas águas e a cota de 4,80m de 29 de junho de 1982. A cota de 4,91m é um dado de referência para a Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), não sendo considerada como a cota máxima das águas em caso de cheia.

Esta falta de uniformidade na distribuição anual das precipitações é também verificada quando se analisa o pluviograma de 2001, *figura 4,* que teve 121 dias com precipitação, quando em 1982 foram 106 dias, onde **em apenas um precipitou 165,4mm**, quase 10% do total anual (1854,2mm) e em **8 dias no mês de junho 547,6mm** correspondendo a 29,53% do volume anual das chuvas.

Neste ano a cheia não ocorreu no mês de maior precipitação e, sim no mês de julho, nos dias 20 e 21. Este mês somou 245,6mm em 12 dias e, até o dia da cheia no dia 20, foram 167,4mm e no dia 21 mais 61mm, o que manteve o nível das águas em padrões altos por um

período de tempo incomum na região. Esta cheia teve uma duração maior, em torno de 36 horas, sendo que, quando comparada as cheias anteriores, em menos de 24 horas as águas baixam, permitindo o retorno dos moradores às residências atingidas, mesmo sendo os estragos devastadores.

Entretanto, se julho não foi o mês de maior precipitação, é preciso notar que um grande volume de precipitação vinha acontecendo desde o mês de janeiro (382,7mm), acumulando até o final de junho, 1099,6mm. Além disso, precipitou mais 167,4mm até 20 de julho, quando as águas atingem o ponto mais alto, apresentando ao contrário das cheias anteriores um deflúvio muito lento, que vai durar aproximadamente até o dia 22, quando no dia 21, ainda precipitaram mais 61mm de chuva. Assim, até o dia 21 foram 1328mm em 75 dias, pouco menos de 7 meses, num ano onde foram registrados 121 dias com precipitação.

Não apresenta-se o hidrograma correspondente ao ano de 2001, porque lamentavelmente a partir do segundo semestre de 1993 a estação fluviométrica foi desativada, não existindo desta forma dados que nos permitissem sua elaboração e, conseqüentemente, uma melhor visualização do comportamento fluvial em resposta a precipitação registrada.

Dada a importância destes dados, salienta-se aqui a máxima necessidade da manutenção das estações fluviométricas para o acompanhamento da dinâmica fluvial, permitindo assim, análises mais acuradas e, obviamente, uma melhor compreensão dos fenômenos ligados ao comportamento dos sistemas fluviais.

Como resultado da ação da cheia de 20 de julho de 2001, foram realizados registros fotográficos que mostram com clareza o efeito do ímpeto das águas do rio Rolante nestas circunstâncias. A monumental capacidade de solapar, desbarrancar, transportar peças de extraordinário tamanho por grandes distâncias, depositando volumes respeitáveis de seixos, areia, silte e argila sob a forma de bancos, barras, ao longo do seu curso, na calha ou mesmo nas margens, em algumas vezes a mais de cem metros de distância.

Trechos de mata ciliar com até 25m de largura foram arrancadas, não em pequenas manchas mas, ao longo de toda a margem e, em alguns locais com mais de 30m de comprimento. Nestes locais não foram apenas as árvores de pequeno porte mas, exemplares com mais de 50, 70 ou mais anos, segundo informações obtidas com moradores idosos do município. Em alguns locais, velhas representantes de outrora, de uma mata ciliar presente na memória dos septuagenários, têm resistido a fúria das enchentes.

FIGURA 3 – Levantamento da Seção Transversal do Rio Rolante – 1983*

Estação fluviométrica Rolante Nº87340000. Loc.:29º 38'S 50º32'W

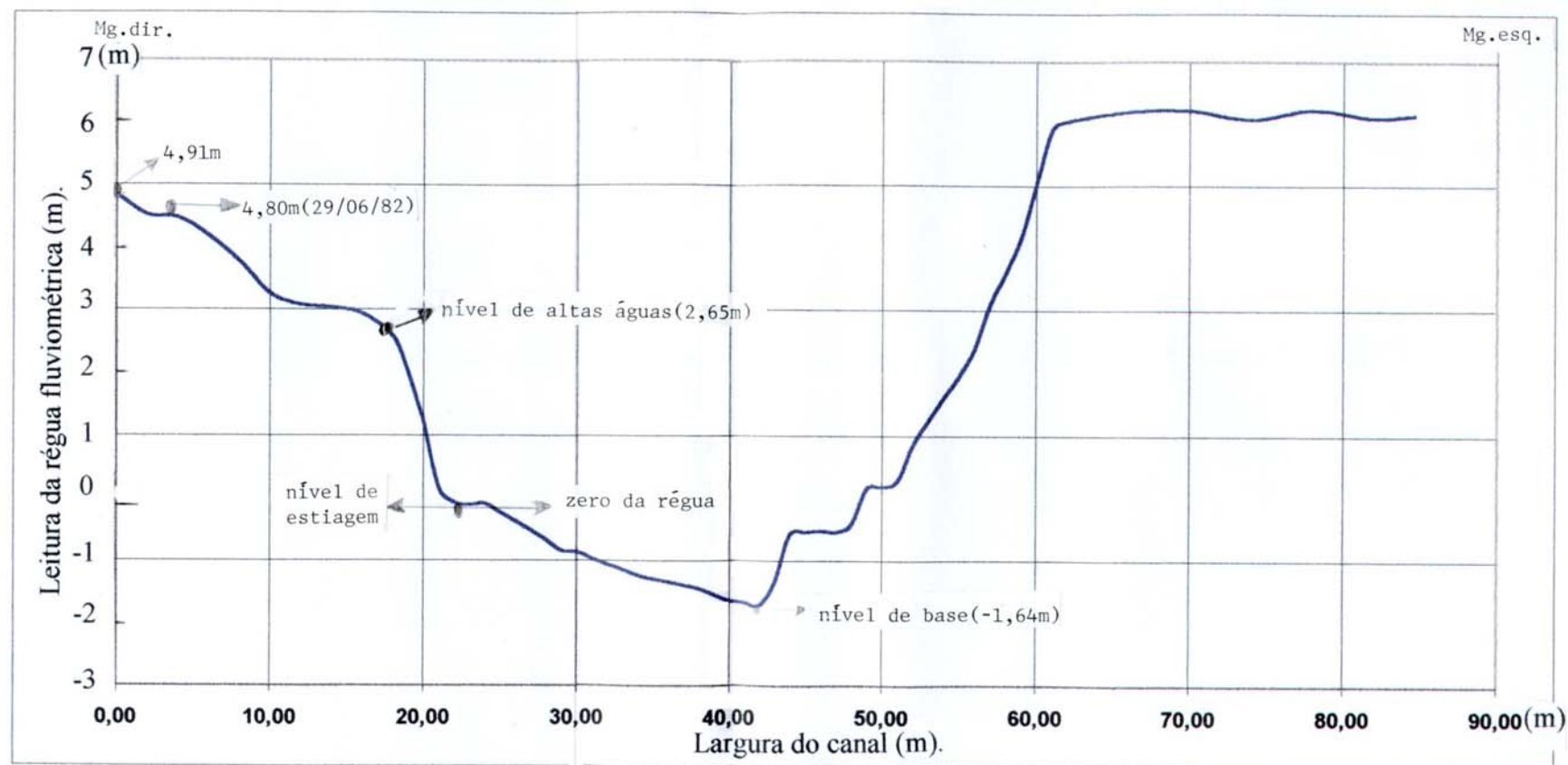
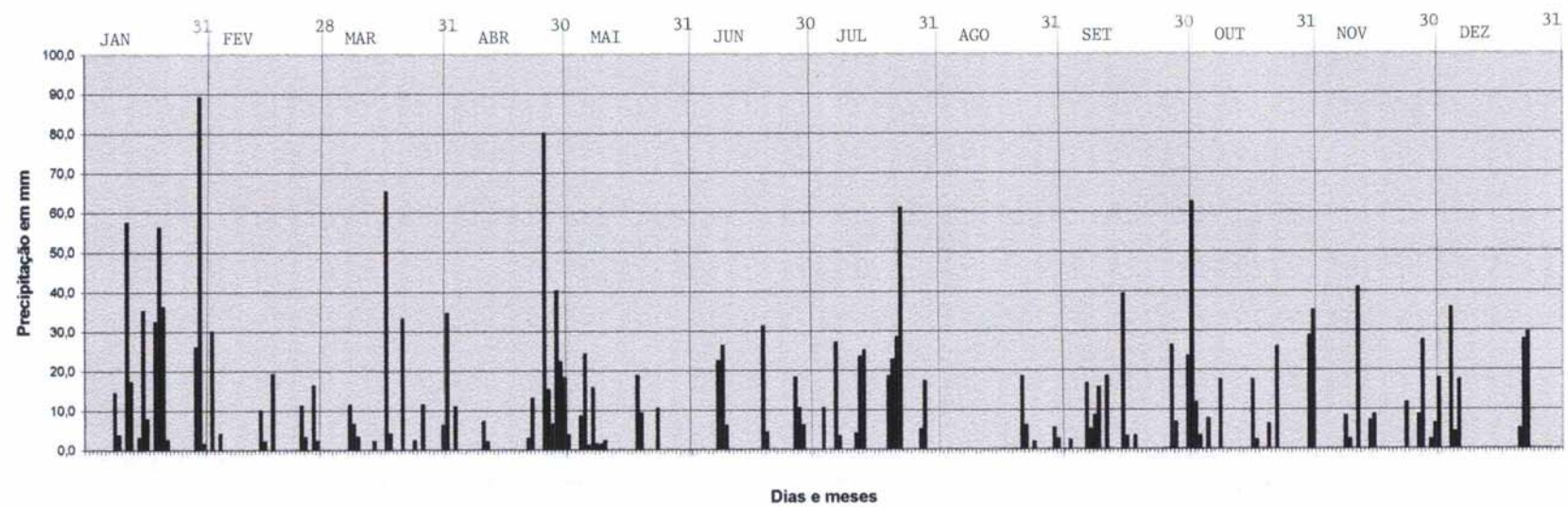
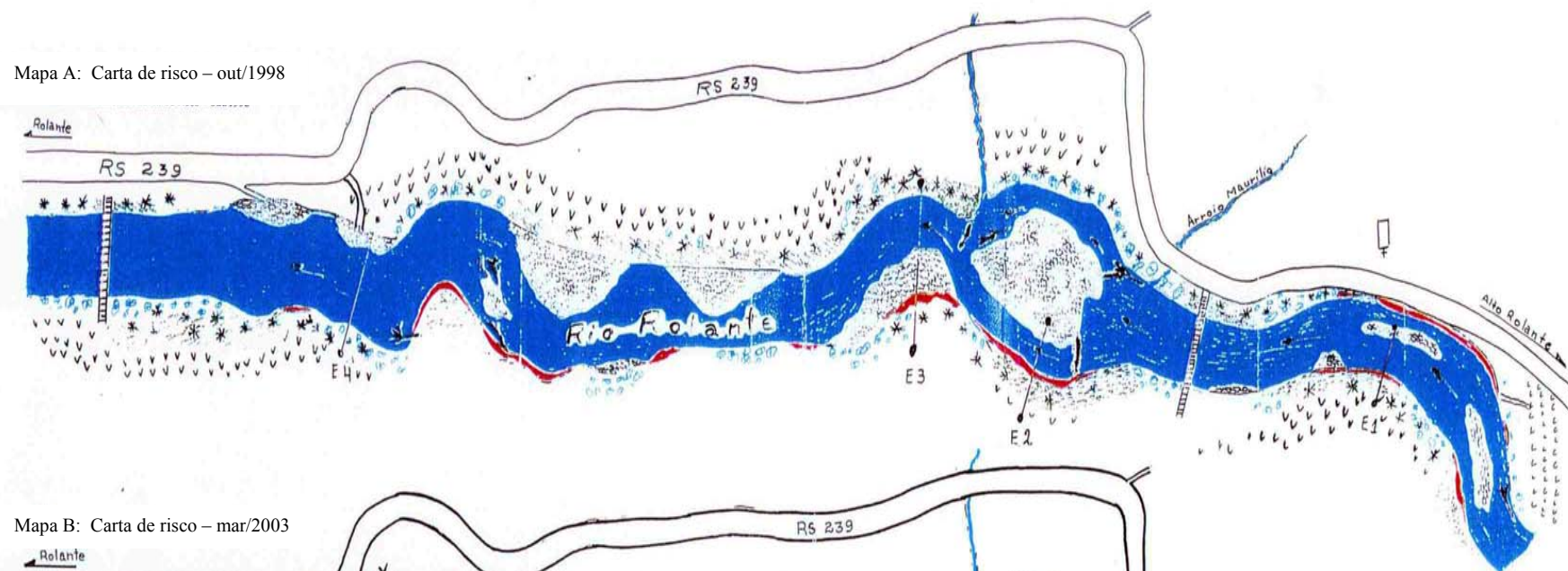
Fonte: CEEE – Divisão de Novos empreendimentos

* Seção Transversal modificada pelo autor.

Figura 4: Rolante – Precipitação 2001

3. METODOLOGIA PARA A CARTOGRAFIA DAS ÁREAS DE RISCO E DOS PROCESSOS ATUANTES

Para a elaboração do registro cartográfico, onde os processos morfogenéticos são de tal sorte intensos ao ponto de aí estabelecer uma área de risco, o primeiro instrumento utilizado como marco referência foi a carta topográfica na escala 1: 50.000.

Inicialmente, nesta carta delimitamos os dois trechos “A” e “B”, *figura 5,* estabelecidos pelo Ministério Público e Fundação de Proteção ao Meio Ambiente Henrique Luís Roessler (FEPAM), onde deveriam ocorrer as práticas de cultivo de nativas e pontualmente em quatro locais e a aplicação da técnica conhecida como enrocamento das margens, associada ao plantio de nativas indicadas. Embora, tivéssemos o entendimento inicial da importância do uso das fotos áreas ao longo do tempo, objetivando desta forma detalhar a evolução da mata ciliar, (desmatamento e mata remanescente), essas mostraram-se de pouca valia, em função da escala pequena. Ainda que, neste sentido, Cunha (1996), referindo Park (1977), diz existirem maneiras distintas de se identificar as mudanças fluviais induzidas pela sociedade, “o método ideal é aquele que se apoia no monitoramento das mudanças do canal, em locais-marco. Esse método requer dados coletados durante algum tempo e são necessárias observações anteriores às modificações, muitas vezes obtidas em fotos aéreas”, (p.239). A expressão, “muitas vezes obtidas em fotos aéreas,” não se aplicou, o que nos levou a buscar outras possibilidades e, instrumentos para identificar tais mudanças.

Para determinar qual seria o trecho do rio a ser considerado como área piloto, realizaram-se duas “caminhadas” iniciais. Uma primeira, que foi desenvolvida ao longo das duas margens, quando se fez um levantamento preliminar (fotos, croquis, relatos) das áreas em risco (onde fossem identificados evidências de grande trabalho erosivo/deposicional), da cobertura vegetal como um todo, a falta desta e, ainda os pontos em que esta era rala, pouco diversificada. Uma segunda “caminhada”, utilizando um bote de borracha, quando foi percorrida toda a extensão do trecho escolhido, filmando, fotografando, fazendo croquis/mapas dos pontos mais sensíveis, quer do aspecto morfogenético, quer do aspecto florístico, onde buscou-se manter a visão de um observador postado no meio do rio, para as suas margens. A partir destas “caminhadas” sistemáticas, inúmeras outras foram realizadas nos locais, inicialmente identificados como de risco. Assim, como primeiro produto cartográfico, produzimos em outubro de 1998 o *mapa A – figura 5*, onde concentramos as atenções do presente trabalho. Neste *mapa A*, foram localizadas: as construções humanas, a vegetação, os processos erosivos/deposicionais e as estações de monitoramento.

Mapa A: Carta de risco – out/1998
Rolante
RS 239
Rio Rolante
Arroio Maurílio
Alto Rolante
E4
E3
E2
E1
Mapa B: Carta de risco – mar/2003
Rolante
RS 239
Arroio Maurílio
Alto Rolante
E3
E2
E1
LEGENDA
1. Construções humanas
Estrada secundária
RS239 Estrada estadual
Ponte de arame(pênsil)
2. Vegetação
Formação herbácea
Formação arbórea
Área de plantio arbóreo
Lavoura
Árvores tombadas
3. Processos erosivos/deposicionais
Desbarrancamento da marger.
Banco de areia
Banco de cascalho
4. Estação de monitoramento
E1
ESCALA: ≅ 1:4.000
0 20 40 80 120 160 200m
Des.: Eng. Agr. Baldasso, Nelson A.
A – OUT/1998
B – MAR/2003

Quanto ao registro dos processos, sua intensidade e freqüência foi utilizada a técnica dos pinos de erosão a qual, segundo Cunha: "Para o curto tempo de investigação, que pode durar horas, dias, poucos meses ou poucos anos, emprega-se a fotogrametria terrestre, ou os pinos de erosão. Essa escala de tempo reduzido focaliza a variação espacial, dando ênfase aos estudos de processos detalhados de mudança, sem preocupação em obter a taxa de erosão. Devido às suas vantagens, a colocação de pinos de erosão tem sido o método mais popular entre os pesquisadores que trabalham com a erosão das margens, seguindo o trabalho pioneiro de Wolman (1959)", (Cunha, 1996, p.178).

Destacamos que, na comparação entre o *mapa A e B – figura 5*, aparecem três pontos críticos E1, E2 e E3 em relação aos riscos associados aos processos erosivos/deposicionais.

Observando a estação de monitoramento E1, *mapa A*, em outubro de 1998, o processo erosivo existente na margem direita era maior que na margem esquerda e, quase no centro do canal do rio existiam duas ilhas (bancos de seixos). Neste mesmo local, em março de 2003, *mapa B*, temos na margem esquerda o muro de gabiões e o colchão reno. Um pouco além, a montante, persistem os processos erosivos. A ilha, a montante, diminuiu sua área mas, em contrapartida, a outra ilha, localizada a jusante, aumentou sua área ancorando-se na margem direita. Neste mesmo ponto, na margem esquerda, há um intenso processo erosivo onde se constata o desaparecimento do pequeno banco de seixos. Mais a montante, como resultado dos processos deposicionais, surge um grande banco de seixos que não existia em 1998, ancorado ao barranco.

Essas alterações expressivas, são conseqüências decorrentes da modificação promovida pela obra de engenharia (muro de gabiões) que, comprimindo o caudal contra a margem esquerda, alterou de forma significativa a dinâmica fluvial.

No trecho que vai das estações de monitoramento E2 até E3, as alterações são significativas, quando se observa a ilha (E2) em 1998 e em 2003, assim como a evolução do banco de seixos na margem direita. Nesta mesma margem, chama a atenção a expansão dos processos erosivos.

Na estação de monitoramento E3, na margem direita em 1998, *mapa A*, não se constata o processo erosivo que, no entanto é intenso em 2003, percebendo-se inclusive, alterações no traçado do rio. É interessante observar que, em 1998, na margem direita da E3 até E4 existiam dois bancos de seixos ancorados na margem e, um terceiro como uma pequena ilha, assim como, a jusante deste trecho, na margem esquerda, um processo erosivo significativo. Observando o *mapa B,* em 2003, há uma profunda alteração na dinâmica fluvial.

Os dois bancos e a ilha desaparecem, o processo erosivo no meandro, na margem esquerda, cede lugar para um banco de seixos em crescimento e, induz a erosão para a margem direita. Ainda na estação de monitoramento E4, na margem direita, o banco de seixos ancorado na margem, altera o seu desenho e, em 2003, se apresenta como uma ilha.

Além dos pinos, optamos por utilizar também o registro fotográfico, para qualificar os resultados obtidos e propiciar uma melhor compreensão dos fenômenos estudados.

4. RESULTADOS E CONCLUSÃO

O estudo dada a relevância do tema: Cartografia das áreas de risco no rio Rolante – RS e estratégias de recomposição da mata ciliar procura trazer à discussão o conceito de **área de risco**. Para quem existe esse risco? Além disso, oferecer técnicas com possibilidades de diminuir ou eventualmente eliminá-lo, cartografar os fenômenos associados com a utilização de técnicas, sem um grau maior de sofisticação, no entanto, ao alcance de quem pretenda em outras situações utilizá-las.

Recolhe-se da presente experiência, entre tantos resultados obtidos a clara percepção de que em várias situações, onde se instalam e atuam os processos erosivos/deposicionais, não é suficiente apenas a recomposição da mata ciliar como forma de diminuir ou evitar um dos processos erosivos mais intenso, que é o solapamento das margens. Em alguns trechos, verificou-se que o enrocamento é importante para garantir a estabilidade das mesmas. Por ser necessário o uso de máquinas rodoviárias de porte, o custo da implementação da técnica do enrocamento requer, além deste, o aporte de capital e pessoal qualificado para a execução dos serviços. Obviamente, há a necessidade da participação do **Estado,** quer como órgão financiador e/ou executor. Para o município de Rolante coube não só a sua execução, como também, arcar com os custos pertinentes. Assim, essas constatações constituem-se em indicadores preciosos do que realmente se torna necessário fazer.

Finalmente, entende-se que os aspectos enfocados neste estudo embora exijam ações imediatas, não são os resultados de caráter imediatista. Nem tampouco, que o tema tenha sido esgotado, longe disso, trazemos sim, outras possibilidades. Tem-se como pressuposto que os problemas mencionados, não são de caráter exclusivo do rio Rolante, mas pertinentes a um vasto número de rios e, portanto, para agricultores e habitantes de áreas urbanas e, em seu entorno. Fundamental nos parece afirmar que, o presente estudo e seus resultados são válidos e aplicáveis em inúmeras outras situações, através do uso da técnica cartográfica, do monitoramento pelos pinos de erosão/deposição, do registro fotográfico, das técnicas

envolvidas na proteção das margens e do processo permanente de educação ambiental. Esse calcado na construção do conhecimento de forma coletiva, propiciando outras possibilidades para o enfrentamento real dessas situações. Queremos crer ser esta a contribuição e a importância maior deste estudo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDRADE, M. C. Ecologia, Agricultura e Organização do Espaço IN: **Latifúndio e Reforma Agrária no Brasil**, Duas Cidades, SP. 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgar Blücher, 1974.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. IN: **Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos / Antônio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha (Orgs.). – 2ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 211-252.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. IN: **Geomorfologia e meio ambiente** / Antônio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha (Orgs.). – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p.337 – 379.

GÖTZ, H. E. **40 anos da Paróquia Evangélica de Rolante: 1922 – 1962**, opúsculo comemorativo, Sínodo Riograndense, São Leopoldo, 1962, p.39.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, Editora Plantarum, 2ª ed., vol.1 e 2, 1998.

PETRY, O. G. Na escola o Meio Ambiente: Recuperação da Mata-Ciliar do Rio Rolante. IN: **Desenvolvimento Regional, Turismo, Educação Ambiental** / Roberto Verdum & Tania Marques Strohaecker (Org.). Porto alegre, AGB, 2000, p. 144 – 147.

PETRY, O. G. **Cartografia das áreas de risco no rio Rolante-RS e estratégias de recomposição da mata ciliar**. Porto Alegre, 2003. 132 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia/IG/UFRGS.

SHÄFFER, Wigold B. e PROCHNOW, Miriam, Orgs. **A mata atlântica e você: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira**. Brasília: APREMAVI, 2002, 156p.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes Fluviais**. Florianópolis, Ed. da UFSC, 2ª ed., 1990. 183 p.

VERDUM, R. **Approche Géographique Des "Déserts" Dans Les Communes de São Francisco de Assis Et Manuel Viana, Etat Du Rio Grande do Sul, Bresil, Toulouse, França**. Tese de Doutorado. Université de Toulouse Le Mirail, Ufr de Géographie Et Amenagement, 1997, 321 p.

O MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO COMO PROCEDIMENTO BÁSICO NA CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO: O CASO DA ÁREA CENTRAL DA CIDADE DE FLORIANÓPOLIS - SC

EDISON RAMOS TOMAZZOLI[1]
JOEL ROBERT MARCEL PELLERIN[1]

[1]Departamento de Geociências
Universidade Federal de Santa Catarina
edison@cfh.ufsc.br; pellerin@cfh.ufsc.br

TOMAZZOLI, E. R.; PELLERIN, J. R. M. O mapeamento geológico-geomorfológico como procedimento básico na caracterização de áreas de risco: o caso da área central da cidade de Florianópolis-SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 277-287. (CD-ROM)

RESUMO
Trabalhos de mapeamento geológico-geomorfológico mostraram que a área central da cidade de Florianópolis é constituída, geologicamente, por um maciço de composição granítica, secionado por diques de diabásio de idade jurássica com direção NNE e recortado por falhas e zonas de cisalhamento dúcteis-rúpteis de direções variadas, policiclicamente reativadas. Essa estruturação complexa, aliada a processos de erosão diferencial, é responsável pela compartimentação do relevo de dissecação em três unidades morfotectônicas: a) U*nidade Morfotectônica 1* - Maciço Central – representa um bloco soerguido por falhas de gravidade N10º-20ºE; exibe relevo em cristas elevadas; b) U*nidade Morfotectônica 2* –Serrinha - relevo em cristas elevadas, com orientação dominante NW, controladas por feixes de falhas de direção N60ºW; c) U*nidade Morfotectônica 3* – Área Central – representa um bloco tectonicamente rebaixado por falhas de gravidade N10º-20ºE, justaposto à Unidade 1; mostra relevo em colinas baixas, capeadas por grandes espessuras de solo residual; constitui-se na área mais central da cidade, a oeste do Maciço Central. Em cada um dessas unidades observam-se diversas feições morfoestruturais que são muito importantes porque condicionam a ocupação urbana: muitas comunidades que ocupam os morros desta capital estabeleceram-se respeitando, inicialmente, os limites impostos por estas unidades. As feições morfoestruturais mapeadas também auxiliam bastante na delimitação de áreas com risco de deslizamentos em encostas.
Palavras-chave: morfotectônica, Florianópolis, geomorfologia.

ABSTRACT
Geological and geomorphological mapping shows that the central area of Florianópolis town consists of granitic rocks, intruded by basic dykes of jurassic age, having an NNE trend. The granitic rocks are cutted by faults and shear zones with variable directions and policyclic reactivations. This complex structuration, joinned with differential erosion process, are responsible for the division of relief in three morphotectonic units: a) *Morphotectonic Unit 1 – Central Massif* – represented by an uplifted block, controlled by gravity faults towards N10º-20ºE; the relief consists by high ridges towards N10º-20ºE direction; b) *Morphotectonic Unit 2* – Serrinha – high ridges contolled by faults towards N60ºW direction; c) *Morphotectonic Unit 3* – Central Area – represents a block lowered by gravity faults towards N10º-20ºE direction; the relief is characterized by low hills, covered by thick layer of residual soil. There are many morphostructural forms in each of these morphotectonic units. These morphostructural forms are important because they stablish the physical delimitation for the early stages of urban occupation and delimit the slide risk areas.
Key-words: morphotectonic, Florianópolis, geomorphology.

1. INTRODUÇÃO

O mapeamento geológico-geomorfológico é pré-requisito básico fundamental para a caracterização de áreas de risco ou de sensibilidade ambiental. Em encostas com risco de deslizamento como as do Maciço Central de Florianópolis, além dos tipos e espessuras de cobertura pedogênica, é de fundamental importância o mapeamento e a caracterização dos

tipos de rochas e das estruturas geológicas do maciço. Os trabalhos básicos de cartografia geológica e geomorfológica com enfoque estrutural assumem, assim, papel de grande relevância.

Neste trabalho são apresentados os resultados de um mapeamento geológico-geomorfológico em escala 1:10.000, realizado na área central de Florianópolis (SC) a partir do qual foram delimitadas diversas unidades de relevo estruturalmente controladas, chamadas de unidades morfotectônicas, às quais estão associadas feições de relevo referidas como feições morfoestruturais. Essas unidades e feições têm grande importância, já que, muitas vezes, condicionam a própria ocupação urbana, delimitando bairros e comunidades. Podem ainda caracterizar ou estarem associadas a áreas de risco de deslizamentos ou a áreas impróprias à ocupação.

2. METODOLOGIA

O mapeamento geológico-geomorfológico da área central de Florianópolis foi realizado por professores e acadêmicos do curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina. Os trabalhos de campo tiveram a duração de oito dias e constaram da medição de estruturas geológicas e da coleta de amostras de rochas e solos, cujas características microscópicas foram utilizadas como dados para os mapas geológico e geomorflógico finais. Como mapa base, utilizou-se a carta planialtimétrica do IPUF, escala 1:10.000, apoiada por fotografias aéreas, escala 1:25.000, ano de 1994 e imagens Landsat TM. Os dados cartográficos foram digitalizados, utilizando-se o programa Microstation 95.

3. ELEMENTOS DE GEOLOGIA

Na figura 1, é apresentado o mapa geológico da área central de Florianópolis. Observa-se que o litotipo predominante é o granito grosso (P∈gg), de cor rosada ou cinza claro, correspondente ao Granito Ilha da Suíte Pedras Grandes (Zanini et al., 1997), de idade neoproterozóica.

O granito grosso cataclástico, cor escura (P∈gc) é o mesmo granito grosso (P∈gg), brechado, exibindo graus variados de cimentação por óxidos de ferro de cor preta. Quando essa cimentação é generalizada, a rocha adquire coloração escura, por vezes exibindo cristaloclastos rosados de feldspato envoltos por uma matriz fina a base de óxido de ferro preto, cujo aspecto pode ser facilmente confundido com o dos riolitos pórfiros escuros, que ocorrem no sul da Ilha de Santa Catarina. Essas rochas, devido à presença de

óxido de ferro, possuem uma maior resistência aos processos erosivos, constituindo assim as cristas angulosas da porção sul do Maciço Central.

Ao norte, ao longo das cristas do Maciço Central, no Morro do Horácio, são freqüentes os granitos finos (microgranitos-P∈ct) de cor rosada, com textura eqüigranular fina, localmente pórfira, que correspondem ao Granito Itacorubi, da Suíte Cambirela (Zanini et al., 1997), também de idade neoproterozóica. Essas rochas são cortadas por veios de aplito de espessuras e direções variadas.

Diques de riolito seccionam o granito grosso; possuem poucos metros de espessura e direção N-NE. A rocha é normalmente pórfira, com fenocristais de quartzo e feldspato rosado sobre matriz afanítica cinza claro. Correspondem ao Riolito Cambirela da Suíte Cambirela (P∈ri).

Diques de diabásio (Jdb) aparecem cortando os litotipos anteriores, bem como as estruturas (falhas, zonas de cisalhamento) superimpostas a eles. Esses diques compõem o chamado enxame de diques da Ilha de Santa Catarina, datado por Raposo et al.(1998), que obtiveram idades entre 119 a 128 milhões de anos, utilizando o método ^{40}Ar/Ar^{39}.

No Maciço Central, acompanhando a parte central da crista, na área do Morro do Horácio, ocorre grande dique de diabásio que chega a atingir espessuras de até mais de 200m. Apresenta, nas bordas, granulação fina a afanítica, que grada para granulação grossa no centro do dique, com cristais de plagioclásio e piroxênio atingindo 5 mm.

4. UNIDADE MORFOTECTÔNICAS

Na margem continental leste do estado de Santa Catarina são reconhecidos dois grandes domínios morfoestruturais: Domínio dos Depósitos Sedimentares e Domínio dos Embasamentos em Estilos Complexos (Rosa & Hermann, 1986).

O Domínio dos Depósitos Sedimentares corresponde à planície costeira, contituída, na área em estudo, por depósitos marinhos praiais, flúvio-lagunares e áreas de aterros.

O relevo representado pelo segundo domínio morfoestrutural foi compartimentado em três unidades morfotectônicas: Unidade 1 – Maciço Central – relevo em bloco soerguido, de orientação NNE, Unidade 2 – Serrinha – relevo em cristas de orientação NW e Unidade 3 – Área Central – bloco rebaixado, com relevo em colinas baixas. Essas unidades estão representadas no modelo digital do terreno da figura 1 e no mapa morfotectônico da figura 3.

Segundo Gold (1980), o termo morfotectônica é relativo ao estudo de formas de relevo de significado tectônico regional. Como na área central de Florianópolis, as formas de relevo mostram nítido controle tectônico, condicionado pela movimentação de estruturas, optou-se por classificar o relevo em unidades morfotectônicas. Essas unidades não estão restritas somente à área central de Florianópolis, mas possuem expressão regional, ocorrendo também em outras áreas da Ilha de Santa Catanina e na área continental adjacente.

A Unidade Morfotectônica 1 – Maciço Central - corresponde a um bloco soerguido por falhamentos, formando uma grande crista rochosa alongada, levemente sinuosa, com direção geral N10º-20ºE, indo desde a Baía Norte até a Baía Sul, numa extensão de cerca de 5 Km com largura média em torno de 800m. Seu ponto mais elevado situa-se no Morro da Cruz, com cerca de 280m. Do ponto de vista tectônico, esse grande bloco que constitui o Maciço Central de Florianópolis pode ser considerado um *horst* (muralha tectônica), margeado lateralmente por falhas de gravidade NNE, relacionado ao sistema de *rifts* do leste catarinense (Tomazzoli & Pellerin, 2001), estruturado durante os estágios iniciais do processo de abertura do Atlântico Sul, no Mesozóico. As falhas de gravidade que estruturam o *horst* são resultantes de uma tectônica distensiva mesozóica e apresentam-se, na maioria das vezes, superimpostas e com direção coincidente a falhas e zonas de cisalhamento mais antigas, provavelmente pré-cambrianas.

Essa unidade exibe diversas feições morfoestruturais representadas no mapa morfotectônico da figura 3.

A Feição Cristas de Direção NNE (1C) exibe formas angulosas e elevadas. Na porção sudoeste do maciço, são constituidas por faixas de granito grosso cataclástico (P∈gc), cimentado por óxidos de ferro. Essa rocha, de elevada dureza e resistência aos processos erosivos, faz com que essa cristas constituam cornijas, responsáveis pela sustentação do relevo, estruturadas por planos de falha/fraturas sub-verticais ou fortemente mergulhantes para NNW. Devido a sua elevada declividade e difícil acesso, constituem uma das poucas áreas ainda não ocupadas no centro de Florianópolis.

A Feição Vale entre Cristas (1H), ocorre no Morro do Horácio e desenvolve-se sobre o grande dique de diabásio do Maciço Central (figura 2). Estrutura-se como uma faixa alongada, topograficamente rebaixada em relação às extremidades noroeste e sudeste do maciço, constituídas por microgranito e granito cataclástico e que apresentam-se ressaltadas, formando duas cristas laterais ao dique, devido à resistência relativa mais

elevada dessas rochas aos processos erosivos, em relação ao diabásio. Abriga o bairro Morro do Horácio.

A Feição Encostas (1E) desenvolve-se lateralmente às cristas NNE. De maneira geral as encostas apresentam declividades médias a altas. Suas porções inferiores e, por vezes as superiores, são muitas vezes palco de intensa ocupação urbana desordenada, como é o caso dos Morros do Mocotó, Mariquinha, Mont Serrat, Penitenciária.

A Feição Alvéolos de Alteração é configurada pelo desenvolvimento desses alvéolos entre cristas, associados a grandes espessuras de solo. Essas depressões podem ser fechadas e suspensas como é o caso da que abriga o bairro Morro da Queimada (1A1) ou abertas como a que abriga o bairro José Mendes (1A2).

A Unidade Morfotectônica 2 – Serrinha é caracterizada por relevo em cristas elevadas com orientação dominante NW, controladas por feixes de falhas com direção N60ºW. Essas falhas representam antigos falhamentos transcorrentes, provavelmente de idade precambriana que foram reativados como falhas transversais à direção de *rift* (provavelmente falhas de transferência) durante a tectônica distensiva mesozóica.

Há duas feições morfoestruturais associadas a essa unidade: Feição em Cristas NW (2C), que são ocupadas pelos bairros Serrinha e Cavoeira e a Feição Vales (2V), onde estão alojados os bairros Caieira, Carvoeira e Pantanal.

A Unidade Morfotectônica 3 – Área Central – representa um bloco falhado, rebaixado, justaposto ao bloco soerguido representado pela Unidade Morfotectônica 1 – Maciço Central por falhas de gravidade NNE anteriormente referidas. Ocorre na área central de Florianópolis e também a leste do Maciço Central, em duas pequenas áreas estruturalmente rebaixadas em relação às unidades morfotectônicas 1 e 2 (figura 3).

Esta unidade morfotectônica apresenta dois tipos distintos de modelado: Modelado em Colinas Baixas (3CB) e Modelado em Cristas Baixas com orientação N-S (3A).

O Modelado em Colinas Baixas (3CB) caracteriza-se por relevo baixo, suave e uniformente ondulado, no estilo *mar de morros*, com as colinas atingindo no máximo 30m de altura, capeado por grandes espessuras de solo residual. A intensa urbanização dificulta um pouco a visualização dessas feições. Ocorre na área mais central de Florianópolis e em parte dos bairros Trindade e Saco dos Limões, a leste do Maciço Central.

O Modelado em Cristas Baixas de com orientação N-S (3A), uma variante do modelado 3CB, é também integrante da Unidade Morfotectônica 3. Há duas feições morfoestruturais associadas a esse modelado: Feição Cristas (3A1) e Feição Grotões

(3A2). As cristas são controladas por feixes de falhas de direção N-S. Atingem no máximo 50m de altura e estão intercaladas a depressões abertas em forma de grotão. Num desses grotões foi construído o Hospital Infantil de Florianópolis. O Bairro Agronômica é a área de ocorrência típica desse tipo de modelado.

5. A DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO

Nas encostas íngremes da Unidade 1 - Maciço Central, o risco de deslizamentos pode estar condicionado a diversos fatores como a ocupação urbana desordenada que promove a retirada da cobertura vegetal e de solo, além de cortes e entalhes verticais na encosta para abertura de ruas e terraplanagem de lotes. Em áreas ou locais com maiores espessuras de solo o risco de deslizamentos é potencializado.

A relação entre o posicionamento espacial das estruturas geológicas (especialmente as estruturas planares como os feixes de fraturas paralelas) e a orientação (direção e declividade) das encostas é outro importante fator que deve ser considerado na estabilidade das encostas e taludes.

Nas encostas do Maciço Central, a posição espacial dos feixes de fraturas paralelas que secionam logitudinalmente todo o maciço, desempenham papel importante no que se refere à estabilidade quanto a movimentos de massa. Esses feixes de fraturas apresentam direção geral N10^{o}-20^{o}E e mergulho médio de 80^{o} para noroeste. Nas porções mais íngremes da encosta noroeste do Maciço Central, na área dos morros do Mocotó, Mariquinha e Mont Serrat, especialmente em cortes de ruas ou loteamentos com declividades maiores que 80^{o}, há grandes riscos de escorregamento de lascas rochosas por esses planos de fraturas pois, nesses locais, as fraturas mergulham no mesmo sentido da declividade da encosta, porém em ângulos de inclinação pouco menores, condicionando assim o mergulho dos planos fratura (planos de fraqueza) para fora da encosta. Já na encosta sudeste do Maciço Central, voltada para o Morro da Caieira e Bairro Saco dos Limões, esse mesmo condicionamento estrutural torna a encosta estruturalmente mais estável, já que os feixes de fraturas mantém a mesma direção e mergulho, porém, nesse caso, apresentam-se mergulhando na direção oposta à declividade da encosta. Apesar de estruturalmente mais estável, alguns movimentos de massa foram registrados recentemente nessa encosta, relacionados a áreas com maiores espessuras de solo. Nessa encosta também é freqüente o registro de rolamento de grandes blocos e matacões graníticos (figura 2),

como resultado do desabamento da cornija formada por granito grosso cataclástico (P∈gc).

Figura 2 - Grande bloco granítico rolado da crista, formando pequena gruta ou lapa, utilizada pelos moradores como depósito e local para a caixa d'água. Observa-se que a base da lapa é constituída por solo alterítico residual relativamente espesso, indicando que a lapa foi formada pelo rolamento/movimentação do bloco granítico sobre solo previamente constituído.

6. CONCLUSÕES

O mapeamento geológico-geomorfológico do Maciço Central foi fundamental, pois caracterizou as unidades e feições morfoestruturais acima descritas. Essa unidades e feições são muito importantes, pois muitas vezes condicionam a ocupação urbana. Muitos bairros e comunidades que ocupam os morros da área central de Florianópolis estabeleceram-se respeitando, inicialmente, os limites físicos impostos por estas unidades e feições.

O mapeamento e caracterização dessas unidades e feições estruturais, em áreas urbanizadas, assume papel fundamental também no sentido de delimitar áreas de risco de deslizamentos ou áreas impróprias à ocupação urbana.

7. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Prof. Marcelo Borges Esteves, aos acadêmicos Andréa Regina de Brito C. Lopes, Edson Wilson de Souza Júnior, Hamilton Luiz Langer, Pablo R. Koehler, Pedro Henrique Milazzo e Sonia R. Januário Ferreira, pela fundamental participação nas etapas de campo do mapeamento e na sistematização dos dados. À Maria Lúcia de P. Herrmann, pelas sugestões. Agradecimentos especiais ao Pe. Vilson Groh e aos membros das associações comunitárias do Maciço Central que nos acompanharam, promovendo acesso seguro em todos os locais visitados.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOLD, D.P. Structural Geology. In: SIEGAL, D. S. (Ed) **Remote Sensing in Geology**. New York. John Wiley, 1980. P. 419-83.

RAPOSO, M.I.B.; ERNESTO, M.; RENNE, P.R. Paleomagnetism and 40Ar/39Ar dating of the early Cretaceous Florianópolis dike swarm. **Physics of the Earth and Planetary Interiors**. Vol.108-4, pp275-290, 1998.

ROSA, R. O., HERMANN,M. L. P. Geomorfología. In: ATLAS DE SANTA CATARINA, Cap. B. **Aspectos Físicos**, p.31-32. GAPLAN. Rio de Janeiro – RJ, 1986.

TOMAZZOLI, E. R.; PELLERIN, J. G. M. Alvéolos e Vales Suspensos: feições erosivas comuns no relevo da Ilha de Santa Catarina. In: IX Simp. Bras. de Geografia Física Aplicada, Recife –PE. 2001. **Bol. de Resumos**, v. único, p. 97-98.

ZANINI, L.F.P.; BRANCO, P.M.; CAMOZZATO, E. & RAMGRAB, G.E. (orgs) **Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Folhas Florianópolis/Lagoa, SG.22-Z-D-V/IV, Estado de Sta. Catarina: escala 1:100.000**. Brasília: DNPM/CPRM, 1997.. 223p

Figura 1 - Mapa Geológico da área central de Florianópolis

Figura 2 - Modelo digital do terreno, mostrando a expressão de relevo das unidades morfotectônicas da área central de Florianópolis, localizadas na figura 3. Unidade 1 = Unidade Morfotectônica 1 - Maciço Central; Unidade 2 = Unidade Morfotectônica 2 - Serrinha; Unidade 3 = Unidade Morfotectônica 3 - Área Central; S = Domínio dos Depósitos Sedimentares; 3A = Modelado em Cristas Baixas N-S; 3CB = Modelado em Colinas Baixas.

Figura 3 - Mapa Morfotectônico da área central de Florianópolis.

INUNDAÇÃO X CRESCIMENTO URBANO – ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE VENÂNCIO AIRES - RS

ERIKA COLLISCHONN[1]
ALEXANDRE RAUBER[1]

[1]Laboratório de Geoprocessamento
Universidade de Santa Cruz do Sul
Caixa Postal 188 – CEP - Santa Cruz do Sul, RS
erika@unisc.br; rauber@unisc.br

COLLISCHONN, E.; RAUBER, A. Inundação x crescimento urbano – estudo de caso na cidade de Venâncio Aires – RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 288-296. (CD-ROM)

RESUMO
Este artigo tem o objetivo de apresentar um estudo exploratório realizado com o objetivo de mapear das áreas inundáveis na cidade de Venâncio Aires em situações de cheia do arroio Castelhano, contando-se para esta tarefa com o auxílio da coordenadoria da Defesa Civil local. Foi considerada, por enquanto, uma única situação de inundação, ocorrida entre os dias oito e nove de julho de 2003, decorrente de um episódio pluvial intenso em toda a bacia do Arroio Castelhano. No levantamento de campo foi utilizado um aparelho de GPS e para o tratamento das demais informações georeferenciadas utilizou-se os programas *Idrisi* e *AutoCadMap*. O levantamento e mapeamento realizados foram confrontados com o dinamismo da urbanização e expansão do perímetro urbano de Venâncio Aires nas últimas três décadas. Constatou-se o avanço do perímetro urbano sobre a planície de inundação do arroio Castelhano o que indica que no futuro cada vez mais pessoas estarão expostas ao risco ambiental.
Palavras-chave: urbanização, inundação, geoprocessamento.

URBAN GROWTH AND FLOOD WATER INUNDATION - A CASE STUDY IN THE URBAN AREA OF VENÂNCIO AIRES-RS

ABSTRACT
This exploratory study aims to set the delimitations of the urban floodwater area alongside the Castelhano stream in Venâncio Aires (RS). Our study collected data with the help of the Civil Defence from one flood episode that took place during July 2003 in consequence of an intense rain along the whole Castelhano basin. The survey was realized combining GPS data and geoprocessing techniques. The obtained inundation area was confronted with data about the expansion of urban occupation. The urban growth of Venâncio Aires in the three last decades has resulted in more and more people living in risk areas..
Key-words: urban growth, flood, geoprocessing.

1. INTRODUÇÃO

"*O mapeamento de áreas inundáveis representa uma ferramenta importante para direcionamento das expansões urbanas e a ordenação do uso e ocupação do solo, pois se dispondo do zoneamento dessas áreas, pode-se delimitá-las e designá-las para usos adequados*" (FIGUEIREDO, 2003, p.1791). Este trabalho é uma primeira tentativa de mapeamento das áreas inundáveis de Venâncio Aires, contando-se para esta tarefa com o auxilio da coordenadoria da Defesa Civil local. Foi considerada uma única situação de enchente, ocorrida entre os dias oito e nove de julho de 2003, decorrente de um episódio pluvial intenso em toda a bacia do Arroio Castelhano. Este episódio desencadeou perdas materiais e humanas como: falta de água e de energia elétrica, queda de pontes, interrupção

da comunicação via telefone, bloqueio dos acessos rodoviários ao interior do município a inundação de três mil residências na área urbana e uma morte. Os transtornos só não foram maiores porque a Defesa Civil estava em alerta. O levantamento e o mapeamento realizados são confrontados com o dinamismo da urbanização e expansão do perímetro urbano de Venâncio Aires nas últimas três décadas.

2. CONTEXTO GEOGRÁFICO

O município de Venâncio Aires situa-se sobre dois conjuntos fisiográficos, um fazendo parte da Depressão Periférica Gaúcha e outro do Planalto Arenito Basáltico. O sítio urbano da sede municipal é formado pelas colinas baixas e zonas rebaixadas, enquanto a escarpa do planalto conforma o cenário ao norte. As cotas do sítio urbano variam entre os 25 e 90m. O espaço natural sobre o qual se desenvolve a cidade é formado por uma superfície levemente inclinada e pouco acidentada, drenada pelo arroio Castelhano e seus afluentes urbanos. O arroio Castelhano, afluente do rio Taquari, em suas nascentes e no médio curso tem alta declividade e apresenta um vale encaixado, enquanto que no seu baixo curso, já apresenta uma planície de inundação considerável, com inúmeros meandros abandonados e canais secundários. Este último trecho é o que limita a cidade ao norte, tornando os bairros a norte, nordeste e noroeste bastante vulneráveis às inundações. Os afluentes urbanos deste arroio também contribuem para o agravamento dos efeitos das cheias, pois são represados pelo Castelhano causando inundação em suas planícies.

A cidade de Venâncio Aires consolida-se atualmente como um pólo de beneficiamento do fumo, juntamente com Santa Cruz do Sul. Em função disso, nos últimos vinte anos esta cidade ampliou seu distrito industrial e, de fato, o número de indústrias instaladas e o número de empregos cresce anualmente (IPEA, 2000, p. 158). Em função desse dinamismo econômico, também cresceu significativamente a população urbana. Há 30 anos atrás Venâncio Aires era uma pequena cidade de 9.977 habitantes, enquanto no censo 2000, foram contadas 34.200 pessoas, o que representou um crescimento de 71% em relação ao censo de 1970. Esse dinamismo da urbanização se reflete no crescimento da área urbana, como pode ser visualizado na figura 1.

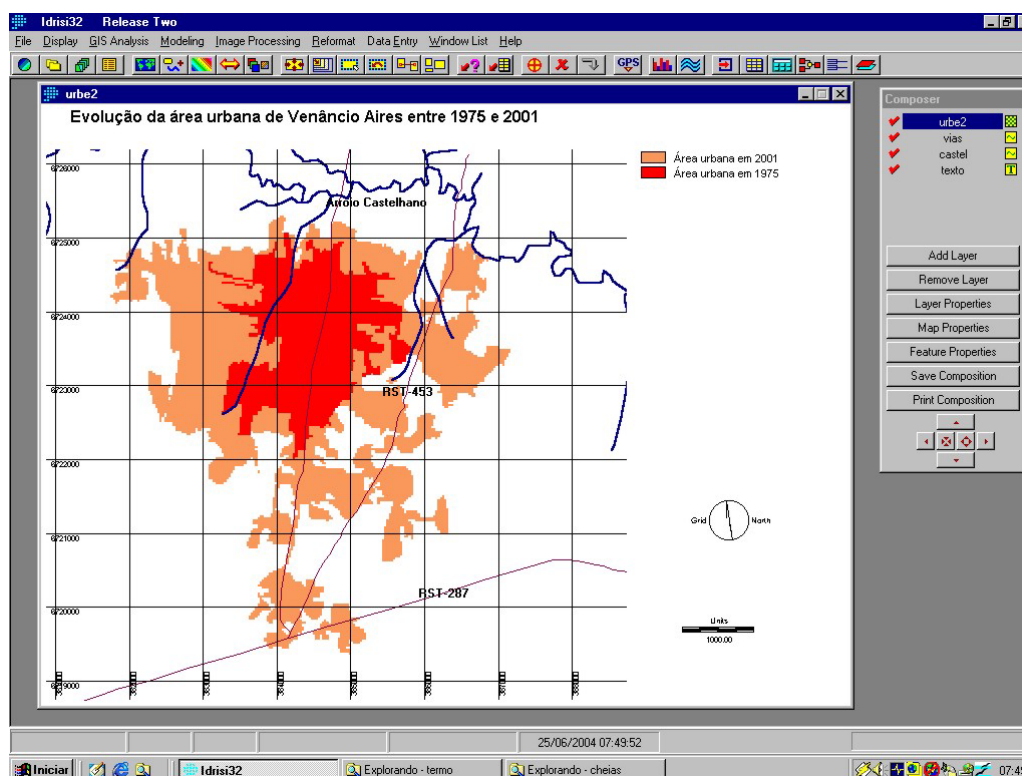



Figura 1- Evolução da área urbana de Venâncio Aires entre 1975 e 2001.

A representação acima foi elaborada no Sistema de Informações Geográficas *Idrisi*, utilizando-se como base para a definição de área urbana de 1975, a Carta Plani-altimétrica do Serviço Geográfico do Exército (escala 1:50.000) e, para 2001, uma imagem do satélite Landsat TM 7. Como se pode ler do mapa de evolução urbana, o crescimento urbano entre 1974 e 2001 ocorreu principalmente para sul, leste e oeste, mas também houve uma expansão, ainda que mais modesta, em direção ao arroio Castelhano, ao norte.

Conforme observaram Silveira e Herrmann (2001, p.253-254), neste espaço urbano passam a se reproduzir os efeitos da expansão do meio técnico-científico e informacional (fusões das corporações transnacionais, progressiva automação e informatização de tarefas e de processos no âmbito do processamento do fumo, e redução da mão-de-obra). Entre os resultados desse processo em Venâncio Aires pode-se observar: o aumento dos loteamentos e ocupações clandestinas e irregulares na periferia urbana, principalmente aquela que avança sobre a planície de inundação do arroio Castelhano, e o aumento dos gastos públicos com a extensão da infra-estrutura na ampliação do distrito industrial para áreas a sul e sudeste do centro da cidade. Em termos de legislação este processo se traduziu na ampliação contínua do perímetro urbano por parte do poder público local, como pode ser visualizado na figura 2.

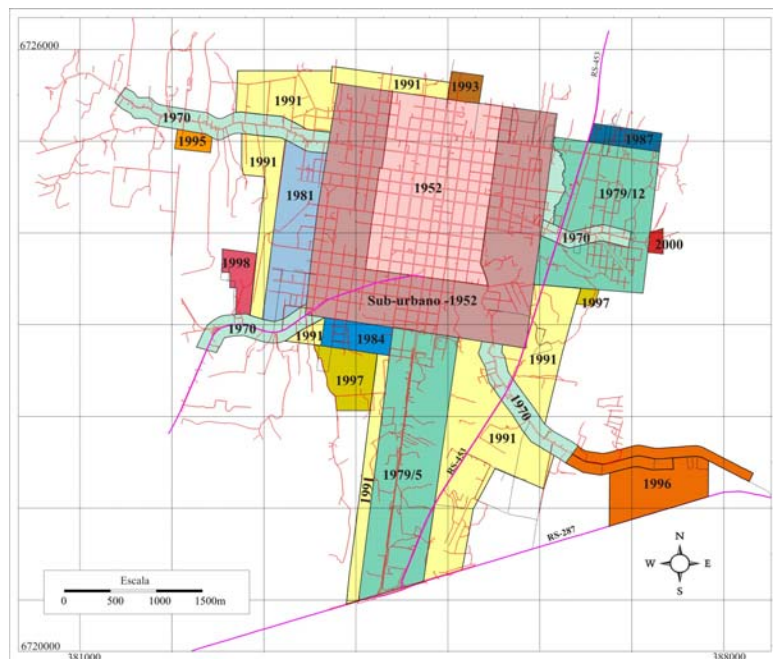



Figura 2- Evolução dos limites do perímetro urbano de Venâncio Aires – com destaque para as áreas incorporadas a cada nova lei.

3. O EVENTO PLUVIAL INTENSO DE JULHO DE 2003

Na tarde de terça-feira oito de julho de 2003 ocorreram fortes chuvas nas nascentes e no alto curso do arroio Castelhano e cabeceiras de drenagem. Infelizmente, os postos meteorológicos não registraram o total de chuva, mas estima-se que tenha sido em torno de 100mm em menos de 12 horas. Os registros disponíveis são comentários sobre o efeito da chuva nas calhas dos rios, de moradores das áreas a montante da cidade de Venâncio Aires, no jornal local:

> "O empresário Acélio Gass [...] se instalou no local há 16 anos e nunca viu fúria igual das águas do Castelhano".(Jornal Gazeta do Sul, 10/07/2003).

> "O volume foi muito elevado e juntou tudo de uma vez". (Jornal Gazeta do Sul, 10/07/2003).

Em função da chuva torrencial na área de do alto curso do arroio Castelhano, na localidade de Linha Lucena, uma criança, que voltava da escola, foi arrastada pela correnteza das águas ao tentar transpor um regularmente pequeno córrego. Seu corpo só foi encontrado a cinco quilômetros deste local.

Na área urbana de Venâncio Aires, apesar do alerta da Defesa Civil, a cheia pegou muitos moradores desprevenidos durante a madrugada de 9/07/2003 nas áreas próximas ao arroio Castelhano. As equipes de ajuda tiveram que bater nas portas de muitas casas alagadas para acordar as famílias. Os bairros mais atingidos foram Vila Mayer, Santa

Tecla, Battisti e Morsch. Segundo os cálculos da Defesa Civil três mil casas foram inundadas.

4. METODOLOGIA

O laboratório de geoprocessamento da Universidade de Santa Cruz do Sul vem desenvolvendo há pelo menos quatro anos projetos integrados com a Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal de Venâncio Aires. Numa primeira ação foram digitalizadas todas as 24 folhas da Planta Urbana de Venâncio Aires em escala 1:2000 resultantes de Levantamento Aerofotogramétrico de 1984. A base cartográfica digital assim constituída foi composta em vários planos de informação. A partir do plano de informação de altimetria, que continha as curvas de nível de metro em metro, foi elaborado um modelo digital de elevação. Posteriormente, foi realizado o mapeamento da evolução da área urbana com base nas leis de ampliação do Perímetro Urbano, aprovadas pela Câmara de Vereadores. Em outros projetos, na seqüência, foram adquiridas imagens dos satélites *Landsat* e *Spot*, para mapeamentos de uso e ocupação do solo. No ano de 2003, para a realização da atualização do Cadastro Imobiliário Urbano, foi adquirida uma imagem do satélite *Quickcbird*. Assim, já existia uma serie de documentos que facilitaram a realização do mapeamento da mancha de inundação e a avaliação de sua relação com o processo de urbanização.

Para a determinação da área de inundação da cidade de Venâncio Aires utilizou-se uma seqüência de procedimentos que serão descritos a seguir:

- Visita a área inundada com acompanhamento do vice-coordenador da defesa civil do município, capitão Eduardo Gener Pinheiro Medeiros, para definir marcos de alagamento máximo da inundação. Percorrendo-se a área de montante a jusante, foram localizados 20 pontos com o GPS Geoexplorer III.

- Estes pontos foram pós-processados, no programa *Pathfinder* e ajustados ao Datum SAD 69, para que pudessem ser relacionados aos outros mapeamentos já existentes.

- Os pontos foram exportados na extensão dxf e importados para o programa *Idrisi*. Quando sobrepostos ao modelo digital de elevação, percebeu-se que os pontos coincidiam mai a montante, com a cota 30m mais e, mais a juzante, com a cota 29m.

- Para definição da linha coincidente com as cotas 29m e 30m, primeiro utilizou-se o processador *Reclass* no modulo *GisAnalysis – Database Query*. Criou-se uma imagem

com duas classes: menor que 29m (depois 30m) e maior que 29m (depois 30m). Posteriormente utilizou-se o processador *Linegen* no modulo *Reformat*, para isolar, como vetores, as curvas de 29m e 30m em cada uma das imagens classificadas anteriormente. A posição das duas curvas e dos pontos levantada em campo pode ser observada na figura 2, que tem como fundo a imagem *Quickbird* de 2003.

•Com base nestas duas linhas de cota e nos pontos de levantamento de campo, foi redesenhado no programa *AutoCadMap* o vetor que separa a área inundada na cidade de Venâncio Aires da área não inundada .

5. INUNDAÇÃO X CRESCIMENTO URBANO – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 3 mostra a imagem Quickbird da cidade de Venâncio Aires como ficou no programa IDRISI com a sobreposição do vetor (linha em vermelho) correspondente ao limite da área de inundação. A área ao norte desta linha foi a área inundada na enchente de julho de 2003.

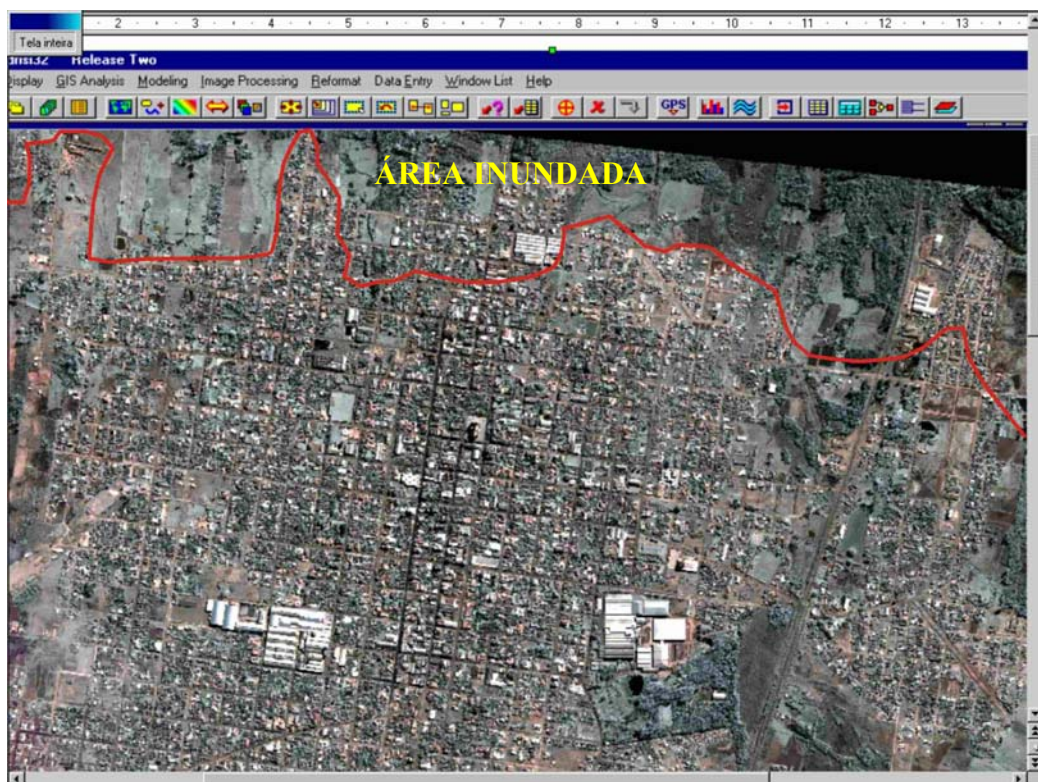



Figura 3- Porção Centro-Norte da Cidade de Venâncio Aires com a sobreposição do limite da área inundada.

Sobre a definição da área de inundação é preciso fazer algumas considerações. Como foi mostrado anteriormente, a cidade de Venâncio Aires cresceu consideravelmente

nas últimas duas décadas. Desta forma a área urbana mapeada em 1984, inclusive com curvas de nível, não corresponde mais à área urbana atual, principalmente na porção noroeste da cidade. Para ampliar o modelo digital de elevação nesta área foi utilizado como plano de informação a Carta SH.22-V-D-IV-2 MI–2968/2 do Serviço Geográfico do Exército na escala 1:50.000, cuja eqüidistância entre as curvas de nível é 20m e que não trazia praticamente nenhuma cota auxiliar que pudesse dar uma idéia do comportamento topográfico da área. Desta forma, não foi possível definir com segurança a mancha de inundação nesta área que está em franco processo de urbanização na última década. Na realidade uma área bem maior do que o que aparece na figura foi inundada no bairro Santa Tecla (noroeste da área urbana). Já na área central e na área leste da imagem houve uma melhor correspondência, porque havia dados do levantamento topográfico mais detalhado (de metro em metro) das plantas de 1984. De possee de dados pluviométricos confiáveis também poderiam ser utilizados outros programas, que possibilitassem a simulação de Processos Hidrológicos, permitindo assim estabelecer com mais acurácia a mancha de inundação.

Esta avaliação preliminar destinou-se a uma primeira visualização da extensão de uma inundação ocorrida em função da ocupação pela cheia do leito maior excepcional[1] do Arroio Castelhano, buscando motivar o próprio poder público do município a desenvolver instrumentos legais e planos urbanísticos que orientem a cidade de Venâncio Aires em direção a um crescimento mais harmônico e equilibrado.

[1] Submerso em intervalos irregulares, com períodos não inferiores a um ano. (Christofoletti, 1980, p.83)

Para uma estimativa com fins de planejamento com base no evento de oito de julho de 2003, mostra-se a seguir a linha correspondente à área inundada (em azul tracejado) sobre o mapa de evolução do perímetro urbano se Venâncio Aires (Figura 4).

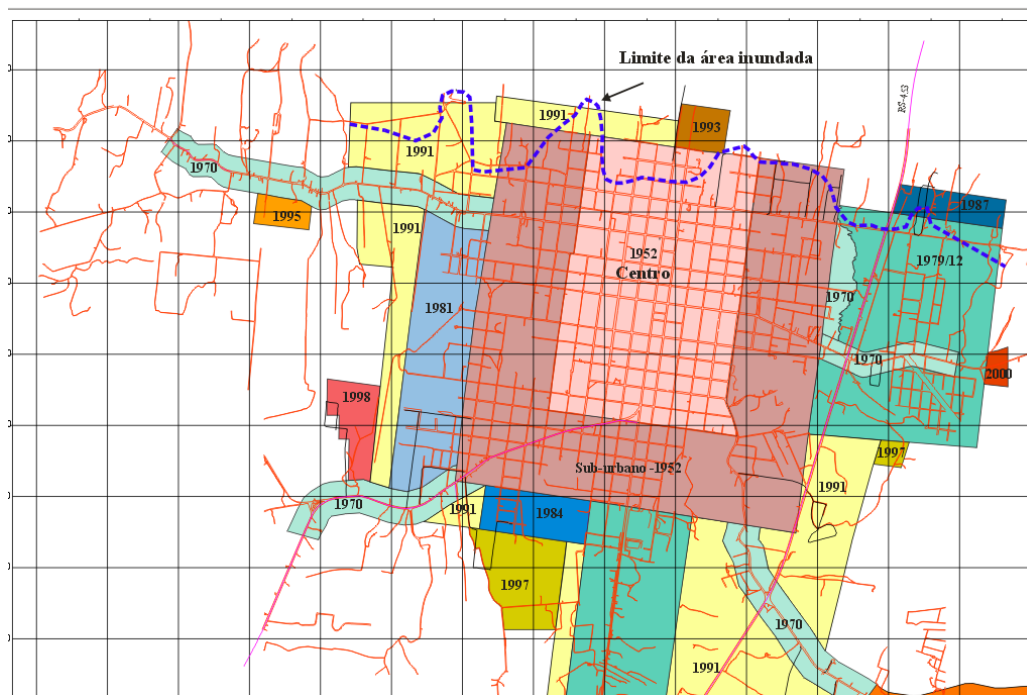



Figura 4- Mapa da evolução do perímetro urbanos de Venâncio Aires destacando a linha limite da inundação de 2003.

Na figura 4 destacam-se duas áreas que foram incorporadas ao perímetro em 1987 (azul) e 1993 (marrom claro), que ficaram totalmente inundadas na enchente de 2003. Está em processo de viabilização a ampliação do perímetro urbano incorporando o núcleo urbano de Grão Pará, que se encontra a norte da cidade atual, adiante da planície de inundação do Arroio Castelhano o que do ponto de vista ambiental é temerário, considerando o modelo de urbanização que vem sendo adotado.

6. CONCLUSÃO

A definição, com base nos procedimentos metodológicos adotados neste estudo, do limite da área inundada na cidade de Venâncio Aires em julho de 2003 permitiu evidenciar, quando sobreposta a imagem de alta resolução (Quickbird) e ao mapa da evolução dos perímetros urbanos, os bairros que foram afetados pelas águas. Desta forma, proporciona uma ferramenta de planejamento para o município.

Como foi demonstrado e mapeado Venâncio Aires, apresentou nas últimas décadas uma urbanização considerável, com uma correspondente ampliação do perímetro urbano.

Ainda que o poder público tenha direcionado o crescimento mais em direções outras que não a planície de inundação do arroio Castelhano entre 1975 e 2000, cresceram os bairros populares, as invasões e mesmo loteamentos de classe média em direção as áreas de risco de inundação. Estas áreas acabaram sendo também incorporadas ao perímetro urbano. Desta forma, tudo indica que outra avaliação tem de se agregar a este estudo, ou seja, aquela que destaca os processos econômico-sociais, que caracterizam determinadas modalidades de urbanização, como condicionantes da crescente ocorrência do fenômeno da inundação (DELGADO, 2000).

Ainda por outra via, como continuação deste trabalho pode-se sugerir a modelagem hidrológica, tendo como base de dados registrados em postos pluviométricos ou estações meteorológicas. A Coordenadoria da Defesa Civil de Venâncio Aires tem trabalhado na implantação de estações de coletas de dados buscando informações confiáveis para o monitoramento de índices pluviométricos na bacia hidrográfica do Castelhano, no sentido de planejar as atividades e estratégias para a previsão e atuação durante as enchentes. De posse desses dados outros trabalhos podem ser desenvolvidos utilizando os recursos do geoprocessamento. Pode-se, por exemplo, construir uma rede para a localização de postos da defesa civil facilitando o delineamento de zonas de perigo, como um sistema de alerta para os habitantes, através de uma modelagem hidrológica associada ao zoneamento para ser utilizada nas atividades emergenciais decorrentes de um processo de inundação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo : Edgard Blucher, 1980.

DELGADO, P. R. Processos de inundação e situação de risco ambiental. **Revista técnica da SANEPAR**, v. 13 n. 13, janeiro a junho de 2000. Disponível em http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v13/Processos/processos.html

FIGUEIREDO, A. P. S. Determinação da mancha de inundação do município de Itajubá na enchente de janeiro / 2000. In: **Anais...** XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 1791 - 1794.

GAZETA DO SUL, Ano 59, Santa Cruz do Sul, 10 jun 2003.

IPEA, IBGE, UNICAMP, NESUR, IPARDES. **Caracterização e tendência da rede urbana do Brasil: Redes urbanas Regionais** - Sul. v. 6 (1ª Reimpressão). Brasília: IPEA, 2000. 206p.

SILVEIRA, R. L. L; HERRMANN, E. R. As cidades e a urbanização no Vale do rio Pardo. In: SILVEIRA, R. L. L; VOGT, O. **Vale do Rio Pardo: (re)conhecendo a região**. Santa Cruz do Sul: Edunisc, 2001. p.217-257.

ZONEAMENTO DE RISCO GEOLÓGICO NA ÁREA DA FAVELA REAL PARQUE, SÃO PAULO

FABRÍCIO ARAUJO MIRANDOLA[1]
EDUARDO SOARES DE MACEDO[1]
LINDOLFO SOARES[2]

[1]IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
Av. Prof. Almeida Prado, 532, São Paulo, SP, CEP 05508-901
[2]Depto. de Engenharia de Minas e de Petróleo
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Mello Moraes, 2373, Cid. Universitária, São Paulo, SP, CEP 05508-900
fabricio@ipt.br; esmacedo@ipt.br; lindolfo@usp.br

MIRANDOLA, F. A.; MACEDO, E. S.; SOARES, L. Zoneamento de risco geológico na área da favela Real Parque, São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 297-311. (CD-ROM)

RESUMO
O zoneamento de riscos geológicos vem sendo utilizado como instrumento na gestão urbana para identificar os problemas relacionados aos riscos geológicos, reduzindo o número de vítimas e os prejuízos econômicos. No Brasil, inicia-se um período de intenso debate sobre as alternativas para a crise habitacional nos centros urbanos, onde a população empobrecida, que necessita de moradia, é forçada a ocupar áreas que podem vir a apresentar alto grau de risco geológico. Nesse contexto, a gestão dessas áreas e, por conseguinte, o seu zoneamento, adquire destaque como uma ferramenta importante, principalmente nos trabalhos das Prefeituras. Este trabalho, aplicado na Favela Real Parque, na zona sul da Cidade de São Paulo, teve como meta o zoneamento de risco geológico por meio da identificação dos processos atuantes, da avaliação da suscetibilidade de ocorrência de acidentes e pela delimitação dos setores de risco geológico. Como produtos deste trabalho obteve-se o modelo tridimensional do terreno, a carta de declividades, o mapa do tecnógeno e a carta de risco. A partir da análise destes produtos pode-se verificar que o zoneamento de risco geológico aplicado na área forneceu informações sobre a individualização, distribuição espacial e caracterização dos setores submetidos aos diversos níveis de suscetibilidade a acidentes geológicos, os quais apresentam seus respectivos graus de probabilidade de ocorrência e suas alternativas de intervenção.
Palavras-chaves: risco geológico, gestão urbana, zoneamento de risco geológico.

ABSTRACT
Geological Hazards risk zoning has been used as an important tool in urban management, for the identification of the problems related to geological hazards aiming to reduce the social and economical damages. In Brazil, an intense discution has begun about the alternatives for housing in urban centers, involving the poor people forced to live in risk situation. In this context, the management of risk areas by using geological knowledge for the identification, analysis and mapping of risk sites, has been a useful tool for brazilian municipalities. This paper describes the works conducted in a slum area named Favela Real Parque, located in the southern part of São Paulo City. The aim of these works were the geological mapping and zoning of the area after the identification of the occurring processes, the evolution of the prone-areas to accidents and delimitation of the zones presenting different risk levels. The achieved products were the tridimentional terrain model, a declivity map, a technogenese map and a risk map. The analyze of these products showed that the geological risk zoning applied to the study area provided basic information regarding the individualization, espacial distribution and characterization of the sectors with different susceptibility conditions to accidents. Together with the definition of the degree of geological risk, alternative control measures were established for each different compartment of risk.
Key-words: geological risk, urban management, geological risk zoning.

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, o cenário mundial demonstra um crescente aumento no número de áreas de risco geológico e, portanto, um maior número de vítimas suscetíveis a este risco. Isto se deve ao empobrecimento da população que, pela necessidade de possuir uma moradia é forçada a ocupar locais que podem vir a apresentar alto grau de risco geológico. Este aumento no número de vítimas em potencial e os possíveis prejuízos econômicos começam a despertar a necessidade da utilização de uma ferramenta que classifique qualitativa e quantitativamente as áreas que apresentam riscos geológicos, facilitando assim a identificação do problema e a indicação de uma intervenção correta na área identificada.

O Brasil encontra-se em um período de intenso debate sobre as alternativas para a crise habitacional nos centros urbanos, onde a gestão de áreas de risco e, por conseguinte, o seu zoneamento, adquirem destaque como uma ferramenta importante para a gestão urbana, principalmente nos trabalhos das Prefeituras. Este zoneamento, sendo utilizado como ferramenta fundamental para a setorização das áreas que apresentam risco geológico, facilita a identificação do problema e auxilia na indicação de intervenções corretas para cada área, fornecendo informações de caráter geral, como a caracterização dos setores prioritários, a quantidade aproximada de moradias submetidas aos diversos níveis de suscetibilidade a acidentes e sua distribuição espacial. Sendo assim, este artigo apresenta os resultados obtidos no zoneamento de risco geológico realizado na área da favela Real Parque, localizada na Zona Sul da cidade de São Paulo (Figura 1), por meio da identificação dos processos atuantes, da avaliação da suscetibilidade de ocorrência de acidentes e pela delimitação dos setores de risco geológico, onde estas análises se encontram representadas na forma de produtos cartográficos, como o modelo tridimensional do terreno, a carta de declividades, o mapa do tecnógeno e a carta de risco.

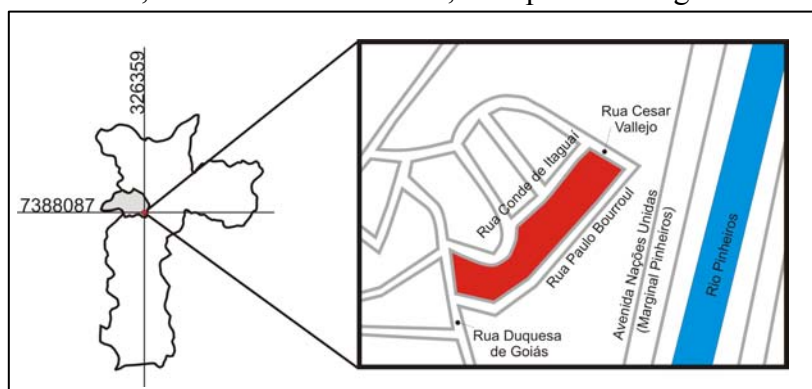



Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo

2. METODOLOGIA

Neste trabalho, os resultados obtidos correspondem particularmente à identificação de situações de riscos geológicos que envolvem um conjunto de moradias. O trabalho foi realizado segundo duas escalas:

- Escala de zoneamento, aplicada na área em questão, compreende a identificação dos processos destrutivos atuantes, a avaliação do risco de ocorrência de acidentes e a delimitação dos setores de risco;
- Escala de cadastramento, a qual foi aplicada nos setores identificados no mapeamento, envolve a identificação e hierarquização das moradias destes setores.

A partir da definição das escalas, as etapas de trabalho para o mapeamento das áreas consistiram em:

- Levantamento de dados sobre a área, onde foram reunidos e analisados os materiais sobre a geologia e geomorfologia do local, o histórico de eventos locais relacionados ao risco geológico, além de análise sobre os tipos de processos geológicos presentes (escorregamento, erosão, inundação e solapamento de margens);
- Elaboração o mapa base da área, obtido por meio do caminhamento com GPS pelas ruas principais e vielas da área de interesse e com o auxilio das fotografias aéreas verticais em escala 1:6.000 e 1:2.000;
- Levantamento de dados sobre a área, identificação dos processos geológicos atuantes, análise do tipo de fenômeno, suas causas e abrangência;
- Elaboração de uma ficha de campo, onde foram registradas as investigações geológico-geotécnicas de superfície para levantamento dos condicionantes, dos indicadores de instabilidade associados aos eventuais processos e dos materiais, feições e depósitos devidos à ocupação;
- Investigações geológico-geotécnicas e localização dos setores mapeados na fotografia aérea vertical, em escala 1:5.000;
- Classificação de cada setor mapeado conforme seu grau de probabilidade de ocorrência de processos segundo uma escala com 4 níveis (baixo, médio, alto e muito alto);

- Contagem do número de moradias de cada setor mapeado, utilizando os telhados como referência;
- Elaboração do modelo tridimensional do terreno;
- Elaboração da carta de declividades;
- Elaboração do mapa do tecnógeno;
- Elaboração da carta de risco.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho estão apresentados por meio de produtos cartográficos, os quais possibilitam uma correlação, para identificar e caracterizar os processos atuantes, avaliar a suscetibilidade de ocorrência de acidentes e delimitar os setores de risco geológico. Segue abaixo a descrição dos produtos cartográficos e a análise da área mapeada.

3.1. Carta de declividades

Na elaboração da carta de declividades (Figura 2), os intervalos de declividade foram definidos com base na Lei Federal nº 6.766/79 (Lei Lehmann), a qual disciplina a ocupação de encostas, tratando do parcelamento do solo em zonas urbanas ou de expansão urbana. Sendo assim, a carta de declividades contem três intervalos, sendo o primeiro compreendido entre 0 a 17% (0° – 9,6°), o segundo entre 17% a 30% (9,6° - 16,7°) e o terceiro acima de 30% (acima de 16,7°). Conforme determina essa Lei, as ocupações em zona urbana estão autorizadas quando o terreno onde a moradia será construída se enquadrar dentro do primeiro intervalo de declividades. Estando o terreno enquadrado no segundo intervalo de declividades, antes do início da construção é necessária a apresentação de um laudo técnico para o Poder Público Municipal. No caso do terreno se localizar em uma encosta com declividade igual ou superior a 30%, a ocupação não será permitida.

A carta de declividades apresenta poucos trechos com declividades acima de 30%. Em grande parte da área, próxima a rua Conde de Itaguaí, observam-se declividades no intervalo entre 17% a 30%, sendo este intervalo representado pela cor amarelo claro. O restante da área se encontra no intervalo de declividades de 0 a 17%, sendo este

representado sem nenhuma cor, ficando a fotografia aérea digital em evidência. Este intervalo compreende a maior parte da área.

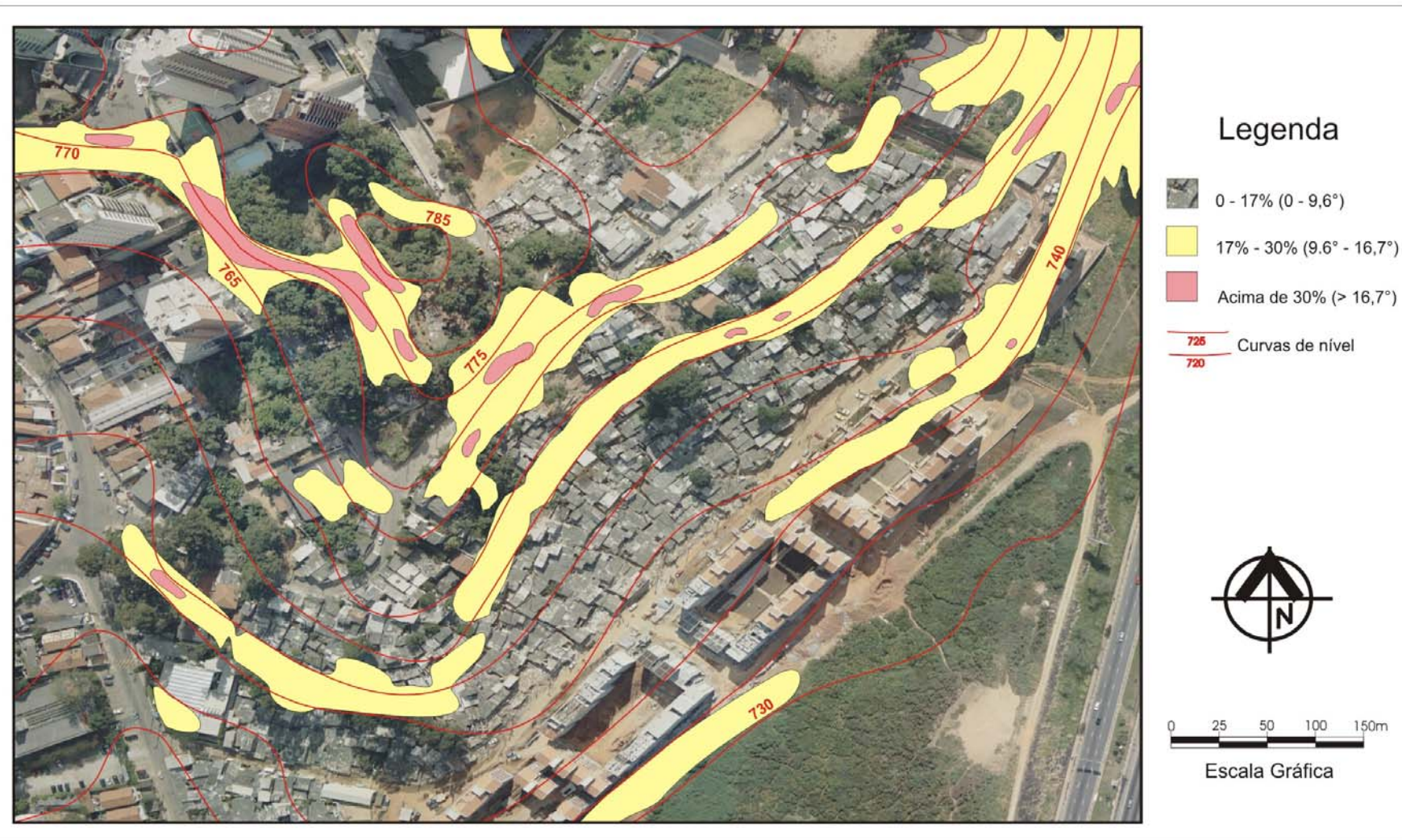



Figura 2 – Carta de Declividades da área da Favela Real Parque.(MIRANDOLA, 2003)

3.2. Mapa do Tecnógeno

O mapa do tecnógeno (Figura 3) foi gerado a partir das observações obtidas nas investigações geológico-geotécnicas, onde os componentes antrópicos do meio físico foram plotados no mapa base.

Entende-se como tecnógeno todo e qualquer componente antrópico do meio físico. No mapa em questão foram mapeados 6 componentes, sendo estes: talude de corte, concentração de água em superfície induzida pela ocupação, área desmatada, lançamento de água servida em superfície/ vazamentos, aterro, acúmulo de lixo.

Observa-se no mapa 12 retângulos, os quais foram divididos em 6 quadrados, onde cada um corresponde respectivamente aos 6 componentes antrópicos do meio físico listados acima. Para cada componente foi atribuída uma cor, como pode ser observado no mapa. Quando o quadrado correspondente a certo componente encontra-se em branco, o mesmo está ausente da área em questão.

Analisando a área, observa-se que a maior concentração de componentes antrópicos se localiza próximo à avenida Duquesa de Goiás, onde se encontra a área mais problemática da favela. Nesta área existe uma intensa ocupação nas proximidades de um talude de corte com aproximadamente 10m de altura e declividade média de 45%. Algumas moradias foram construídas no próprio talude de corte, onde novos cortes foram feitos. Todo o material mobilizado nestes novos cortes foi lançado no próprio terreno, servindo como aterro para a construção das moradias, sendo que estes não apresentam nenhum tipo de compactação.

As vielas da área não apresentam nenhum tipo de pavimentação, tão pouco drenagem superficial. Em diversos pontos existe concentração de água, induzida pela própria ocupação, principalmente nas porções desmatadas, onde se observa a atuação da erosão linear, avançando para o surgimento de sulcos de erosão nos locais onde o fluxo das águas de chuva e do esgoto lançado se concentram. Em nenhuma das moradias observadas existe qualquer tipo de infra-estrutura relativa à canalização da água servida, sendo esta lançada no próprio terreno.

Outro importante problema é o acúmulo de lixo e entulho nas encostas dos taludes. Isto ocorre, pois os próprios moradores lançam seu lixo no local, talvez pela falta de conscientização ou por não existir coleta de lixo devido à dificuldade de acesso.

Na área centro-norte da favela observam-se alguns pontos onde os componentes antrópicos se vêem presentes, porém, com menor freqüência em relação a área anterior, pois esta área já se encontra bem urbanizada, com vielas pavimentadas, a maioria das casas de alvenaria, apresentando canalização de esgoto e drenagem superficial precária a satisfatória. Porém, ainda observam-se locais com taludes de corte e aterros mal executados. Nestes mesmos locais ocorrem pontos de acúmulo de água de chuva em superfície e o esgoto ainda é lançado a céu aberto, criando verdadeiros canais nas poucas vielas que se encontram não pavimentadas. O problema com o lixo é bem menor, pois nesta área existe coleta devido à facilidade de acesso ao local e à proximidade com a rua Conde de Itaguaí.

A área menos problemática, localizada no centro-sul e leste da favela, corresponde aos pontos próximos a rua Paulo Bourroul. Devido à baixa declividade da área, não existem taludes de corte e, sendo assim, a presença de aterros também é menor. Os aterros que existem na área apresentam uma compactação satisfatória. Há concentração de água de chuva em superfície e boa parte do esgoto é lançada a céu aberto, principalmente aquele que provém das moradias mais precárias. Não há muito problema com o lixo, pois também existe coleta no local e o acesso é fácil pela proximidade com a rua Paulo Borroul. Existe apenas a ocorrência de alguns pontos isolados com concentração de entulho.

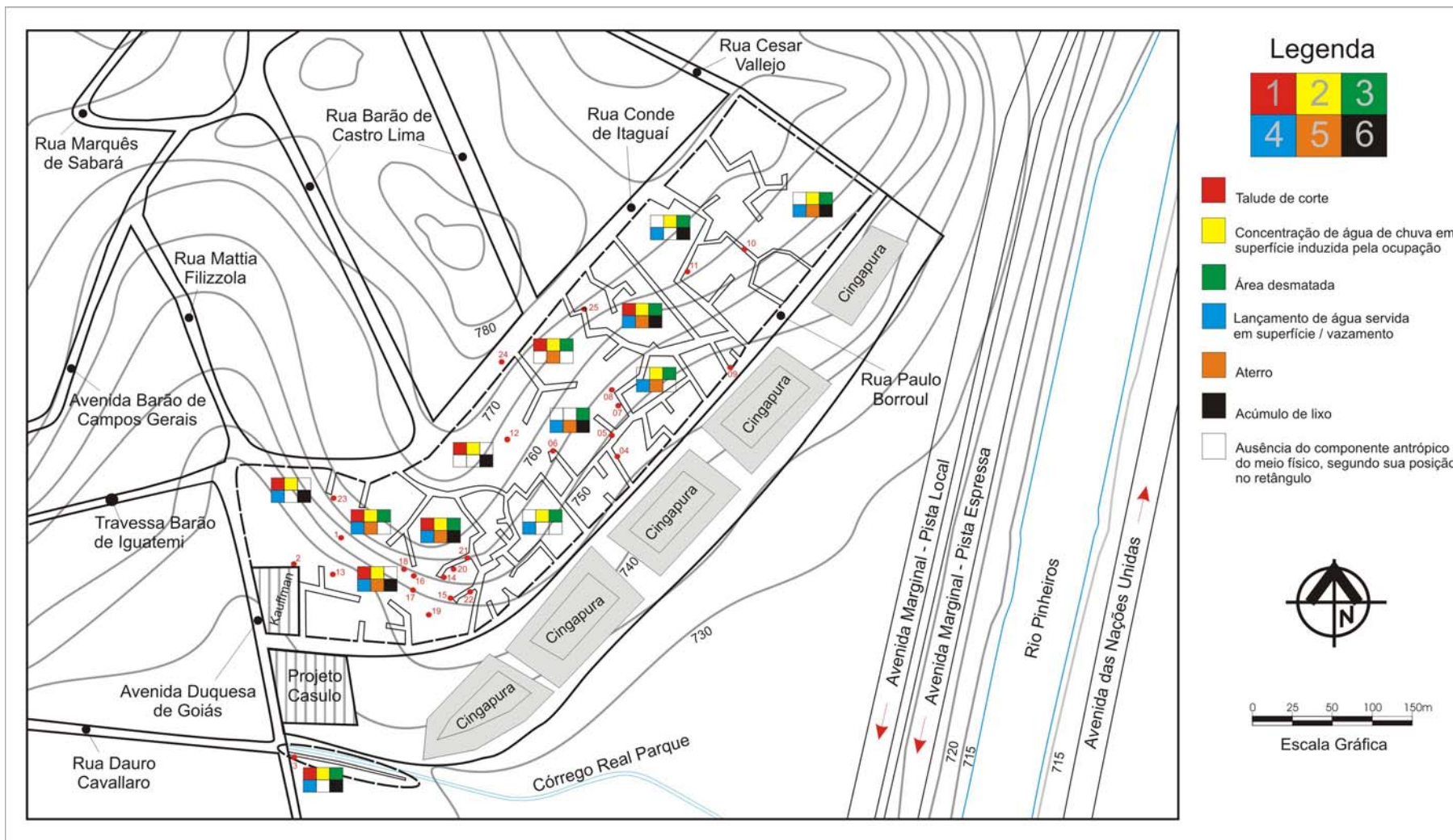



Figura 3 – Mapa do Tecnógeno da Favela Real Parque. (MIRANDOLA, 2003)

3.3. Carta de Risco

A carta de risco (Figura 4) foi gerada a partir da análise das observações obtidas nas investigações geológico-geotécnicas, no modelo tridimensional do terreno, na carta de declividades e no mapa do tecnógeno. Nesta carta, as moradias são apresentadas como polígonos, pois, para definir com maior precisão o número de moradias que se encontram em cada Setor mapeado, foi realizada a vetorização da fotografia aérea digital que compreende a área de estudo. Com a representação individualizada de cada moradia presente nos setores foi possível realizar uma contagem relativamente precisa. A precisão da contagem não pode ser assegurada, pois foi realizada a partir da contagem dos telhados das moradias, através da fotografia aérea digital em escala 1:5.000 e da fotografia aérea em papel, na escala 1:6.000. Como a área apresenta uma ocupação urbana desordenada, algumas moradias apresentam grande proximidade dos telhados, ou até mesmo dividem o mesmo telhado, o que prejudica a contagem, onde duas ou mais moradias podem ser contadas como apenas uma.

O traçado das vielas não foi inserido nesta carta, pois mesmo com a fotografia aérea digital, a qual atinge a escala 1:1.000, sem distorções, não foi possível a distinção das mesmas na vetorização.

Segundo esta análise, a área da Favela Real Parque foi dividida em 4 setores, conforme observado na carta de risco. Cada Setor foi diagnosticado, com os condicionantes e indicadores associados aos processos existentes no local. Seguem abaixo os principais parâmetros observados em cada setor e o respectivo grau de probabilidade de cada Setor mapeado.

Figura 4 – Carta de Risco da Favela Real Parque. (MIRANDOLA, 2003)

3.4. Análise da área mapeada

O desenvolvimento deste trabalho permitiu a elaboração de um diagnóstico das situações de risco geológico associadas a movimentos de massa, erosão, inundação e solapamento de margens de córrego na Favela Real Parque.

O zoneamento de riscos geológico aplicado na área fornece informações sobre os setores submetidos aos diversos níveis de suscetibilidade a acidentes geológicos e sua distribuição espacial, o que permite a individualização e caracterização de cada um dos setores, os quais apresentam seus respectivos graus de probabilidade de ocorrência de riscos geológicos e suas alternativas de intervenção (Tabela 1).

Verifica-se também que por meio do cadastramento de risco, foram apresentadas informações específicas de cada setor definido no zoneamento, como a quantidade de moradias presentes no mesmo, além da identificação daquelas que necessitam de prévia remoção, o que se constitui em subsídio para ações de rápida intervenção aplicadas pelos órgãos responsáveis no caso da ocorrência de algum evento ligado aos riscos geológicos (Tabela 2).

Outro fator de extrema importância para a elaboração deste zoneamento e da carta de riscos geológicos foi a correlação entre a carta de declividade e o mapa do tecnógeno. Ao analisar a carta de declividade observa-se que aparentemente não existem trechos com declividades acima de 30% dentro da área de estudo. Isto ocorre, pois a base topográfica utilizada para gerar esta carta apresenta a topografia original da área, sem a influência dos componentes antrópicos do meio físico, como taludes de corte e aterros. Assim, a necessidade da elaboração do mapa do tecnógeno foi percebida quando os dados coletados nas investigações geológico-geotécnicas foram correlacionados com os dados da carta de declividades. Esta comparação da morfologia original do terreno e da nova morfologia modificada pelas atividades humanas demonstra de maneira contundente a necessidade da realização de um mapeamento tecnogênico na área, pois apenas a análise da morfologia original por meio do modelo tridimensional do terreno e da carta de declividades pode mascarar as estruturas, feições e os depósitos de origem antropogênica observados no mapa do tecnógeno, ressaltando a necessidade de estudos voltados para os processos induzidos pelo homem, além dos processos naturais.

Caracterização dos setores	**Graus de probabilidade**	**Número de moradias ameaçadas**	**Alternativas de intervenções**
Setor 1	**R1 - MUITO ALTO**	23 moradias ameaçadas	Remoção das moradias ameaçadas na crista e base do talude e execução de obras de drenagem e proteção superficial na encosta e/ou obras de terraplenagem de médio porte no talude de corte e eventual recuperação da área mantendo uma faixa não edificante na base e crista do talude.
Setor 2	**R2- MÉDIO**	--------	Serviços de limpeza, obras de drenagem e proteção superficial nos taludes de corte e nos aterros. Verificação periódica das condições da obra de contenção junto à rua Conde de Itaguaí. Verificação das condições estruturais das edificações.
Setor 3	**R1 – BAIXO**	--------	Serviços de limpeza e conservação e obras de drenagem pluvial e água servida. Verificação das condições estruturais das construções
Setor 4	**R3 – ALTO**	6 moradias ameaçadas	Obras de drenagem e proteção superficial nos taludes marginais. Serviços de limpeza e conservação no canal e no talude marginal. Obras de contenção no talude. Verificação das condições estruturais das edificações, principalmente quanto a questão do solapamento.

Tabela 1 - Resumo dos setores mapeados

Setor	Número de moradias presentes no Setor	Número de moradias ameaçadas	Número de moradias atingidas por eventos recentes
1	61	23	2 moradias atingidas por escorregamento
2	451	0	0
3	243	0	0
4	30	6	0
TOTAL	785 moradias na área	29 moradias ameaçadas	2 moradias atingidas por eventos recentes

Tabela 2 – Definição do número de moradias presentes na área e sua respectiva classificação

4. CONCLUSÃO

O mapeamento realizado na Favela Real Parque baseou-se na metodologia do zoneamento de riscos geológicos utilizando duas escalas:

- Escala de zoneamento, aplicada na área em questão, compreendendo a identificação dos processos destrutivos atuantes, a avaliação do risco de ocorrência de acidentes e a delimitação dos setores de risco;
- Escala de cadastramento, aplicada nos setores identificados no mapeamento, envolvendo a identificação e hierarquização das moradias destes setores.

Esse zoneamento possibilitará uma avaliação das áreas, facilitando a identificação dos problemas e auxiliando na indicação de intervenções corretas para cada setor, fornecendo informações de caráter geral, a quantidade aproximada de moradias submetidas aos diversos níveis de suscetibilidade a acidentes e sua distribuição espacial.

Destaca-se também a necessidade da elaboração do mapa do tecnógeno, pois durante as investigações geológico-geotécnicas, observou-se que grande parte das situações de risco não é provocada por processos naturais, mas sim por intervenções antrópicas (aterros, depósitos de lixo, cortes em altas declividades) e ausência de infra-estrutura (obras de drenagem e saneamento básico).

A partir deste mapeamento é possível que os órgãos competentes estabeleçam um plano de gestão urbana para a área em questão, estruturado a partir das informações presentes no trabalho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, C. S. Análise quantitativa de riscos e seleção de alternativa de intervenção: Exemplo de um Programa Municipal de Riscos Geotécnicos em Favelas. In: **ABGE, 1º Workshop sobre Seguros na Engenharia**, São Paulo, 2000. 49-56 p.

CERRI, L. E. S. & AMARAL, C. P. Riscos Geológicos. In: Oliveira, A. M. S; Brito, S. N. A. (eds.) **Geologia de Engenharia**. São Paulo, ABGE / CNPq / FAPESP, 1998. Cap. 18: 301-310 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Mapeamento de riscos associados a escorregamentos em áreas de encosta e a solapamentos de margens de córregos nas favelas do município de São Paulo.** Divisão de Geologia – Agrupamento de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. São Paulo, 2003. Relatório Técnico - nº 65.829

MACEDO, E S. et al. **Plano Preventivo de Defesa Civil** – Treinamento de equipes técnicas municipais. São Paulo, IPT/IG/CEDEC, 2002. (Publicação CEDEC).

MIRANDOLA, F. A. **Zoneamento de Risco Geológico na área da Favela Real Parque, SP**. Monografia de Trabalho de Formatura, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. 125 p.

NOGUEIRA, F. R. **Políticas Públicas Municipais para Gerenciamento de Riscos Ambientais Associados a Escorregamentos em Áreas de Ocupação Subnormal**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Tese de Doutoramento, 2002. 253 p.

PELOGGIA, A. **O homem e o ambiente geológico:** geologia, sociedade e ocupação urbana no Município de São Paulo. São Paulo, Xamã Editora, 1998. 271p.

UNDRO – UNITED NATIONS RELIF CO-ORDINATOR. Undro's approach to disaster mitigation. Geneva, Undro News, 1991. 20 p.

EVENTOS PERIGOSOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS NO BRASIL

ZUQUETTE, L.V.[1]
PEJON, O. J.[1]

[1]Departamento de Geotecnia
Escola de Engenharia de São Carlos-USP
Avenida Trabalhador Sãocarlense, 400
13566-590 – São Carlos –SP
lazarus1@sc.usp.br

ZUQUETTE, L. V.; PEJON, O. J. Eventos perigosos geológico-geotécnicos no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 312-336. (CD-ROM)

RESUMO
Neste texto encontram-se os resultados de um inventário preliminar desenvolvido para avaliar a distribuição dos principais eventos perigosos no Brasil, assim como uma carta de zoneamento do estado de São Paulo, em escala 1:500.000 com uma avaliação dos principais eventos perigosos para cada unidade.
Palavras-chave : eventos perigosos, São Paulo, Brasil.

GEOLOGICAL AND GEOTECNICAL HAZARDS IN BRAZIL

ABSTRACT
This work presents the areal distribution of the natural and induced hazards registered in different regions in Brazil obtained from a preliminary inventory and the geological and geotechnical hazard zoning chart of the State of São Paulo at a scale 1:500,000 based on an engineering geological chart.
Key-words: hazards, São Paulo, Brazil.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos 30 anos profissionais de diferentes áreas de conhecimento vem desenvolvendo estudos com objetivo de avaliar a ocorrência de eventos perigosos (hazards) de origem natural e induzida que ocorrem nas diferentes partes do mundo, associados a diferentes tipos de ocupação, assim como a OEA (Organização dos Estados Americanos) e a ONU (Organização das Nações Unidas) criaram organismos para orientar na solução dos problemas decorrentes destes eventos perigosos (hazards), e desenvolver metodologias que possibilitem a previsão e controle dos mesmos. No Brasil, os estudos desde os anos 1990, vem sendo desenvolvidos por universidades e institutos isolados de pesquisa, mas não há uma preocupação mais efetiva dos órgãos públicos sobre o assunto, assim como diretrizes técnicas voltadas aos diferentes eventos perigosos. Em termos gerais, os eventos perigosos são processos naturais ou eventos decorrentes destes, como os geológicos, climatológicos, hidrológicos e de interações entre formas de ocupação e o meio ambiente. Como no Brasil não há eventos como o vulcanismo, terremotos de grande magnitude e outros que provocam grande quantidade de mortes, e perdas econômicas individuais de alta monta, a população não tem uma percepção clara do problema, de sua natureza e das perdas econômicas decorrentes

direta ou indiretamente destes. Por outro lado, o meio técnico não busca separar um evento perigoso (hazard) de um evento comum em seus trabalhos técnicos e científicos, assim como muitas vezes atuam no controle dos problemas sociais, e não na previsão e controle. Porém, os prejuízos decorrentes de eventos perigosos naturais, induzidos ou de interação provocam degradações de elementos do meio ambiente e perdas continuas em muitas regiões, demandando investimentos significativos e crescentes para reabilitação, controle e correção dos problemas. No sentido de avaliar a ocorrência regional de eventos perigosos desenvolveu-se um levantamento básico nos diferentes estados do Brasil, e uma avaliação preliminar no estado de São Paulo. Como resultado apresenta-se uma distribuição dos mesmos por estado do Brasil e para as diferentes unidades geológico-geotécnicas definidas por Zuquette et al (1994) para o estado de São Paulo, em escala de apresentação 1;500.000. A avaliação e previsão de eventos perigosos é uma etapa fundamental para a avaliação de riscos, visto que é o componente gerador de conseqüências devido à exposição e vulnerabilidade dos diferentes elementos do meio ambiente.

2. FONTES DE EVENTOS PERIGOSOS

Um evento perigoso (hazard) é caracterizado como um evento que apresenta uma probabilidade de ocorrência, associada a uma área e com intensidade acima de um limite pré-determinado (SAFETY THRESHOLD), o que o diferencia de um evento comum. Portanto, as fontes contidas na Tabela 01 são geradoras inicialmente de eventos comuns, porém, quando ultrapassam limites considerados normais são classificados como eventos perigosos com diferentes intensidades e probabilidades. Na Figura 01 observa-se um fluxograma que relaciona os diferentes componentes do meio ambiente na geração de eventos perigosos naturais e induzidos.

Na Tabela 01 observa-se uma listagem das principais fontes de eventos perigosos que ocorrem no Brasil, conforme levantado por Zuquette (1993). O principal deflagrador de eventos perigosos naturais e muitos dos induzidos, no Brasil, são os eventos chuvosos de características variadas, em termos de duração e intensidade. No entanto, a ocorrência de eventos geológicos, geotécnicos e tecnológicos está diretamente condicionada pelas propriedades intrínsecas e variabilidade dos materiais geológicos, assim como pelos seus arranjos espaciais. Ressalta-se que a distribuição temporal e espacial que deflagra eventos perigosos não seguem padrões definidos em estudos regionais ou de tendências, normalmente são eventos específicos associados a cenários com características especificas quanto à predisposição .

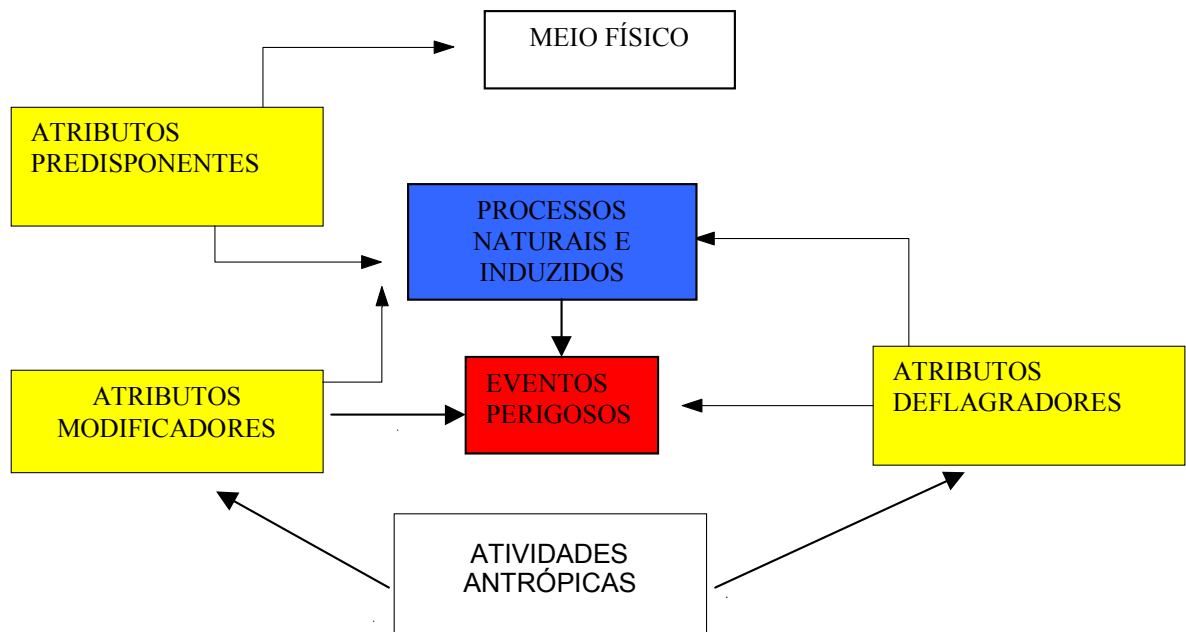



Figura 01 - Fluxograma que relaciona componentes do meio ambiente envolvidos na geração de eventos perigosos.

Tabela 01 - Alguns dos principais tipos de eventos perigosos freqüentes no Brasil. Fonte : Zuquette (1993)

Base do Meio Ambiente Fontes	Geológicos		Águas	Climáticos	Interação com atividades antrópicas	Tecnológico puro	Interação com limitações do Meio Físico	Meio Biológico	Meio Social
	Endógeno	Exógeno							
1)Atividades sísmicas	x				x				
2)Ventos				x					
3)Marés				x					
4)Seca				x	x				
5)Poluição do ar				x		x	x		
6)Salinização/Solos salinos		x	x		x				
7)Inundação		x	x		x				
8)Erosão (continental e costeira)		x	x		x				
9)Sedimentação/ assoreamento		x	x		x				
10)Subsidência (karstica e minas)		x			x				
11)Escorregamento e outros		x	x		x				
12) Expansibilidade		x	x						
13)Poluição água subsuperficial.		x	x		x				

14)Recalque/ colapsividade		x	x		x		x		
15)Rompimento (Tubulações /). reservatórios / barragens).						x	x		

Tabela 01 - Alguns dos principais tipos de eventos perigosos freqüentes no Brasil (Cont.). Fonte : Zuquette (1993)

Base do Meio Ambiente Fontes	Geológicos		Águas	Climáti cos	Interação com atividades antrópicas	Tecno lógico Puro	Interação com limitações do Meio Físico	Biológico	Sociais
	Endóge no	Exóge no							
16)Combustão espontânea de turfas e materiais similares.		x		x					
17)Desertificações/ Desertizações		x		x	x				
18)Poluição água superficial		x	x			x	x		
19)Poluição do solo		x	x		x	x	x		
20)Presença de sustâncias tóxicas no solo/água		x	x						
21)Geada				x					
22)Liquefação de solos		x	x		x				
23)Movimento de Dunas		x			x	x			
24)Incêndios						x			
25)Infestações de gafanhotos e roedores								x	

26)Infestações de ervas daninhas e tóxicas								x	

Tabela 01 - Alguns dos principais tipos de eventos perigosos freqüentes no Brasil (Cont.).Fonte : Zuquette (1993)

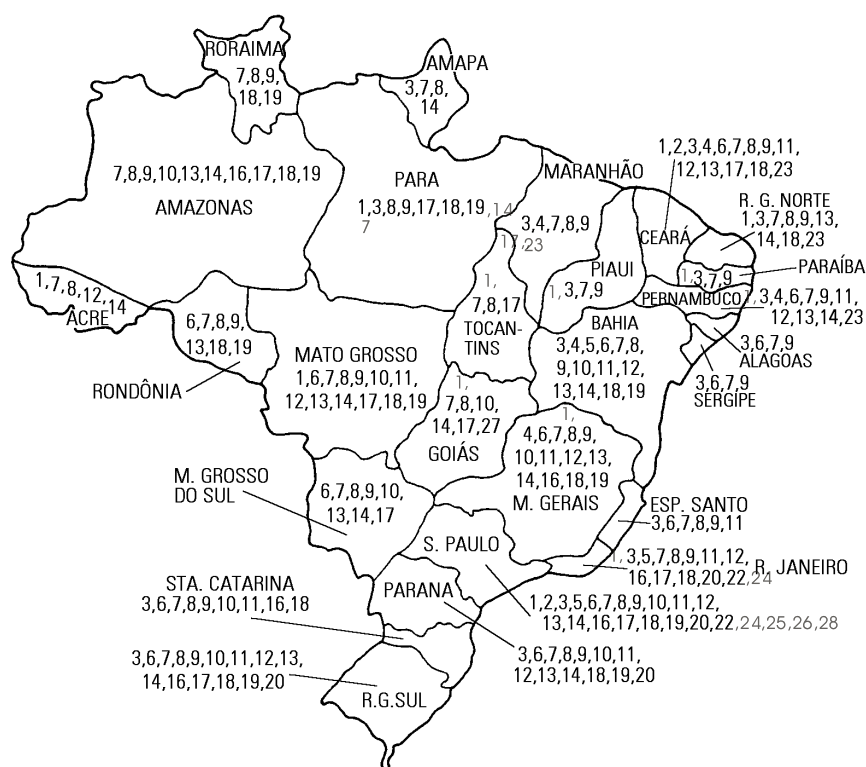
Base do Meio Ambiente Fontes	Geológicos		Águas	Climáticos	Interação com atividades antrópicas	Tecno lógico Puro	Interação com limitações do Meio Físico	Biológicos	Sociais
	Endógeno	Exógeno							
27)Vazamento radioativo						x	x		
28)Radiação natural ou artificial		x				x			
29)Depósitos de resíduos nas encostas							x		x
30)Correntes de águas superficiais (enchentes)			x		x		x		
31)Depósitos de resíduos sólidos							x		x

3. INVENTÁRIO

O inventário dos eventos perigosos registrados nos diversos estados foi desenvolvido a partir de informações contidas em publicações cientifica, jornais e relatórios técnicos, associadas a trabalhos de campo, em 3 etapas a saber:

- Coleta das informações produzidas pelos mais diferentes tipos de profissionais, assim como dos principais problemas ambientais e sociais gerados pelos eventos.
- Avaliação dos dados coletados para avaliar os principais tipos de fontes e freqüências,
- Avaliação das principais áreas urbanas afetadas.

Na Figura 02 observa-se a distribuição das principais fontes de eventos perigosos por estado, os quais tem provocado perdas econômicas e degradação ambiental em extensas áreas.

Considerando as informações obtidas no inventário é possível estabelecer zonas afetadas pelos diferentes eventos perigosos (Figura 03) e constituídas por diferentes materiais geológicos, como pode ser observado no mapa geológico simplificado da Figura 04.

LEGENDA

1-Atividades sísmicas
2-Vento
3-Marés altas
4-Seca
5-Poluição do ar
6-Salinização/Solos salinos
7-Inundação
8-Erosão (continental/ costeira)
9- Assoreamento de lagos, rios e reservatórios.
10-Subsidências em Karst e minas
11-Movimentos gravitacionais de massa (escorregamentos, quedas de rochas e fluxos)
12-Solos e rochas expansivas
13-Poluição de águas subsuperficiais
14-Recalques e solos colapsiveis.
15-Barragens e reservatórios
16-Fogo espontâneo de turfas
17-Desertificação
18-Poluição de águas superficiais
19-Poluição do solo
20-Componentes tóxicos naturais no solo e na água
21- Congelamento/Geada
22-Liquefação de solo
23-Movimentos de dunas
24-Rejeitos e resíduos radioativos
25-Radioatividade natural
26-Disposição não controlada de aterros
27-Escoamento superficial concentrado
28-Fontes pontuais de poluição (Aterros sanitários, minerações..)

Figura 02 - Distribuição dos eventos naturais para cada estado do Brasil.

Legenda

1 – Bacia do Pantanal

Figure 03 – Zonas mais afetadas por eventos perigosos naturais no Brasil.

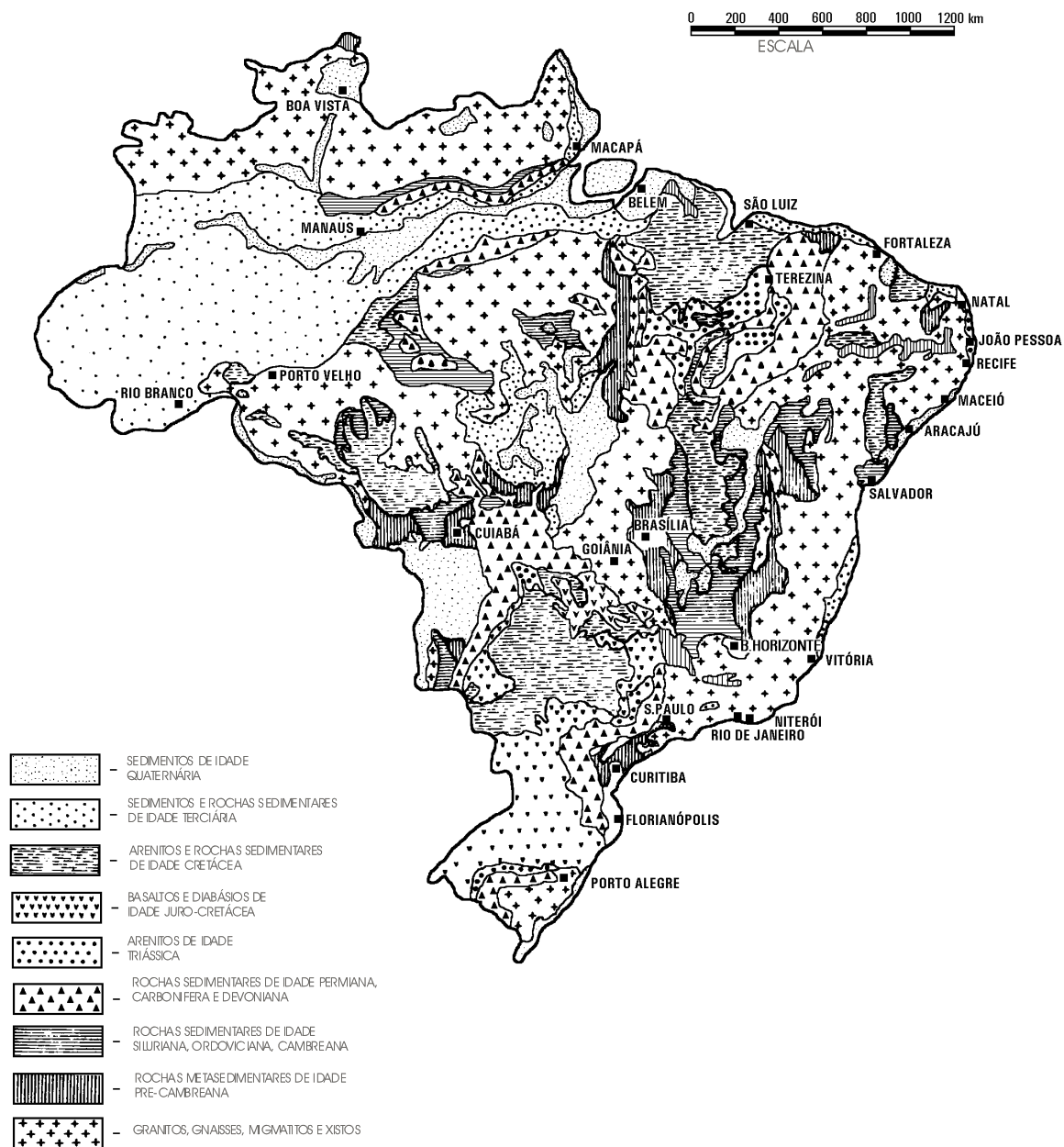



Figura 04 –Mapa geológico simplificado

ZONA 1 – Denominada como bacia do Pantanal, ou terço superior da bacia do Rio Paraguai, é afetada por processos erosivos, assoreamentos de rios e reservatórios, solos colapsiveis, subsidências karsticas, contaminação do solo e das águas subsuperficiais e inundações. A bacia do Pantanal pode ser dividida em 2 partes: uma parte com altitudes da ordem de 100 m considerada o pantanal propriamente dito, constituída por sedimentos Terciários e Quaternários e onde ocorrem assoreamentos intensos, erosão marginal, poluição das águas por produtos usados na agricultura, resíduos das cidades a montante e mercúrio devido à exploração de ouro. A segunda parte com

altitudes entre 100 e 900 m, os processos erosivos laminares, lineares e marginais são intensos, assim como o assoreamento resultante da erosão e da exploração mineral.

ZONA 2 – Representada pela faixa costeira, considerada neste caso da ordem de 50 Km de largura a partir da linha de quebra das ondas, e duas grandes divisões podem ser distinguidas. A primeira composta por bacias costeiras com sedimentos variados de idade Quaternária e Terciária, e a segunda constituída por rochas ígneas e metamórficas, com materiais inconsolidados residuais e retrabalhados com diferentes espessuras, com amplitudes de relevo significativas e encostas variando de moderadas a íngremes. A primeira parte esta sujeita a intensa erosão costeira, movimento de dunas, recalques, contaminação das águas, mares altas, materiais expansivos e eventos perigosos de origem tecnológicos e em muitas zonas assoreamentos. Na segunda, predominantemente, ocorrem movimentos de massa gravitacionais e erosivos.

ZONA 3 – Áreas constituídas de materiais sedimentares rochosos com diferentes graus de cimentação e inconsolidados de idade Cretácea a Terciária, com predomino dos arenosos, porém ocorrendo misturas de siltosos e argilosos. Nestas ocorrem os processos erosivos, colapsos de solos, processos de desertização e desertificação, assoreamentos de rios, reservatórios e lagos. Estas áreas estão distribuídas nas diferentes partes do Brasil (Figura 03) e apresentam diferentes tipos de ocupação, assim como intensidades dos problemas. Os materiais rochosos, normalmente, estão recobertos por pacotes espessos da ordem de até 100m de materiais inconsolidados arenosos, com alta porosidade, baixa resistência mecânica, altos valores de índice de erodibilidade e alta taxa de infiltração potencial.

ZONA 4 – Áreas constituídas basicamente por arenitos de idade Triássica, com diferentes graus de cimentação e estão associadas a eventos perigosos como poluição das águas subsuperficiais, erosão, assoreamento, solos colapsiveis e rebaixamento do nível da zona saturada devido ao intenso processo de exploração nos últimos 25 anos.São caracterizados como bons aqüíferos, no geral, seja em condições profundas ou rasas, mas com recarga diretamente relacionada ao uso e manejo.

ZONA 5 – Zonas constituídas por rochas ígneas e metamórficas, principalmente, granitos, migmátitos, gnaisses, xistos, filitos e calcários, com altitudes que podem atingir 3000 m, e chuvas

que pode atingir 2000 mm. Sobre estas litologias encontram-se perfis de alteração com espessuras variadas e com diferentes graus de heterogeneidade, assim como encostas com inclinações variadas até escarpas. Nestas zonas ocorrem, praticamente, todos os tipos de movimentos de massa gravitacionais e erosões lineares, basicamente, condicionados pelos seguintes aspectos: características geológico-geotécnicas dos perfis de alteração ou dos materiais inconsolidados, elevada precipitação associada a condições especificas de infiltração, declividades com valores até superiores a 45 graus, descontinuidades de diferentes naturezas paralelas à superfície do terreno, taludes artificiais com inclinações acima dos limites técnicos e aterros em encostas.

ZONA 6 – Áreas onde a freqüência de atividades sísmicas é maior quando comparada com a media do Brasil. Estas áreas estão associadas a posições geográficas específicas que apresentam proximidade com as zonas ativas, ou a conjuntos de estruturas geológicas. Algumas destas áreas ainda não possuem usos e ocupações que estejam sendo afetadas pelas atividades sísmicas, porém algumas barragens em desenvolvimento nestas áreas, já vem sendo considerados nos projetos parâmetros dinâmicos.

Na Tabela 02 encontra-se um grupo de cidades de grande porte que são afetadas por diferentes eventos perigosos que provocam danos sejam sociais, econômicos e ambientais que tem demandam adoção de medidas estruturais e políticas de diferentes naturezas. Ressalta-se que o nível de conhecimento sobre os componentes do meio ambiente, principalmente do meio físico, está abaixo de qualquer possibilidade de analise técnica, ressaltando algumas parcelas onde são desenvolvidos projetos de pesquisa e representando uma porcentagem muito pequena da extensão total.

Tabela 02 - Principais capitais do Brasil e os eventos perigosos.

CIDADE	POPULAÇÃO (10^6HABITANTES)	ESTADO	EVENTOS PERIGOSOS NATURAIS
São Paulo	20	São Paulo	Inundação, movimentos gravitacionais de massa, assoreamentos, subsidências, erosão, poluição águas subterrâneas
Rio de Janeiro	10	Rio de Janeiro	Inundação, movimentos gravitacionais de massa, assoreamentos, subsidências, erosão, recalques
Belo Horizonte	5	Minas Gerais	Inundação, movimentos gravitacionais de massa, assoreamentos, erosão
Porto Alegre	5	Rio Grande do Sul	Inundação, movimentos gravitacionais de massa, assoreamentos, subsidências, erosão
Curitiba	4	Paraná	Inundação, movimentos gravitacionais de massa, assoreamentos, subsidências, erosão, expansão
Recife	3	Pernambuco	Inundação, movimentos gravitacionais de massa, assoreamentos, subsidências, erosão, poluição de águas subterrâneas
Salvador	4	Bahia	Movimentos gravitacionais de massa, inundação, materiais expansivos
Fortaleza	3	Ceara	Inundação, movimentos gravitacionais de massa, assoreamentos, erosão, movimento de dunas, poluição das águas subterrâneas
Brasília	3	DF	Erosão, solos colapsiveis
Manaus	1	Amazonas	Inundação, erosão
Cuiabá	1,5	Mato Grosso	Inundação, erosão, assoreamentos
Natal	1	Rio Grande do Norte	Movimentos de dunas, erosão costeira
Florianópol is	0,5	Santa Catarina	Inundação, movimentos gravitacionais de massa
Campo Grande	1	Mato Grosso do sul	Erosão, solos colapsiveis
Belém	1	Para	Inundação, erosão costeira
Vitória	1	Espírito Santo	Inundação, movimentos gravitacionais de massa
Goiânia	2	Goiás	Erosão
Porto Velho	0,5	Rondônia	Inundação
Maceió	0,5	Alagoas	Escorregamentos, inundação
Rio Branco	0,3	Acre	Inundação, erosão

4. EVENTOS PERIGOSOS POTENCIAIS NO ESTADO DE SÃO PAULO

A partir da carta de zoneamento geotécnico geral elaborada por Zuquette et al (1994) e apresentada em escala 1:500.000 foi desenvolvido um estudo com o objetivo de avaliar eventos perigosos possíveis em cada zona. O estado de São Paulo tem sido afetado por diferentes tipos de eventos perigosos, com intensidades e extensões variadas, sendo que como exemplo tem registros de mais de 20.000 feições erosivas, 5.000 feições de movimentos de massa gravitacionais, 3.000 fontes pontuais de poluição (lixões, aterros sanitários) de águas subsuperficiais, e praticamente, toda cidade com mais de 100 mil habitantes têm áreas inundáveis devido às condições naturais ou induzidas pelos tipos de usos e ocupações.

A carta de zoneamento foi elaborada a partir de estudos dos principais componentes do meio físico, priorizando, os tipos litológicos e os diferentes perfis de materiais inconsolidados que os recobrem com espessuras que variam de alguns centímetros até dezenas de metros. Após definição das unidades geológico-geotécnicas básicas foi desenvolvida uma avaliação quanto à possibilidade de ocorrência dos eventos perigosos naturais e induzidos.

Inicialmente 18 unidades foram definidas e subdivididas em função das diferentes associações de materiais geológicos, características de relevo e aspectos geotécnicos (Figura 05). Na Tabela 03 encontra-se um conjunto de cidades com mais de 200.000 habitantes no estado de São Paulo e eventos perigosos. Na Tabela 04 encontram-se as características básicas de cada unidade geológico-geotécnica e os principais eventos perigosos associados.

Tabela 03 – Principais cidades do estado de São Paulo e os eventos perigosos mais freqüentes.

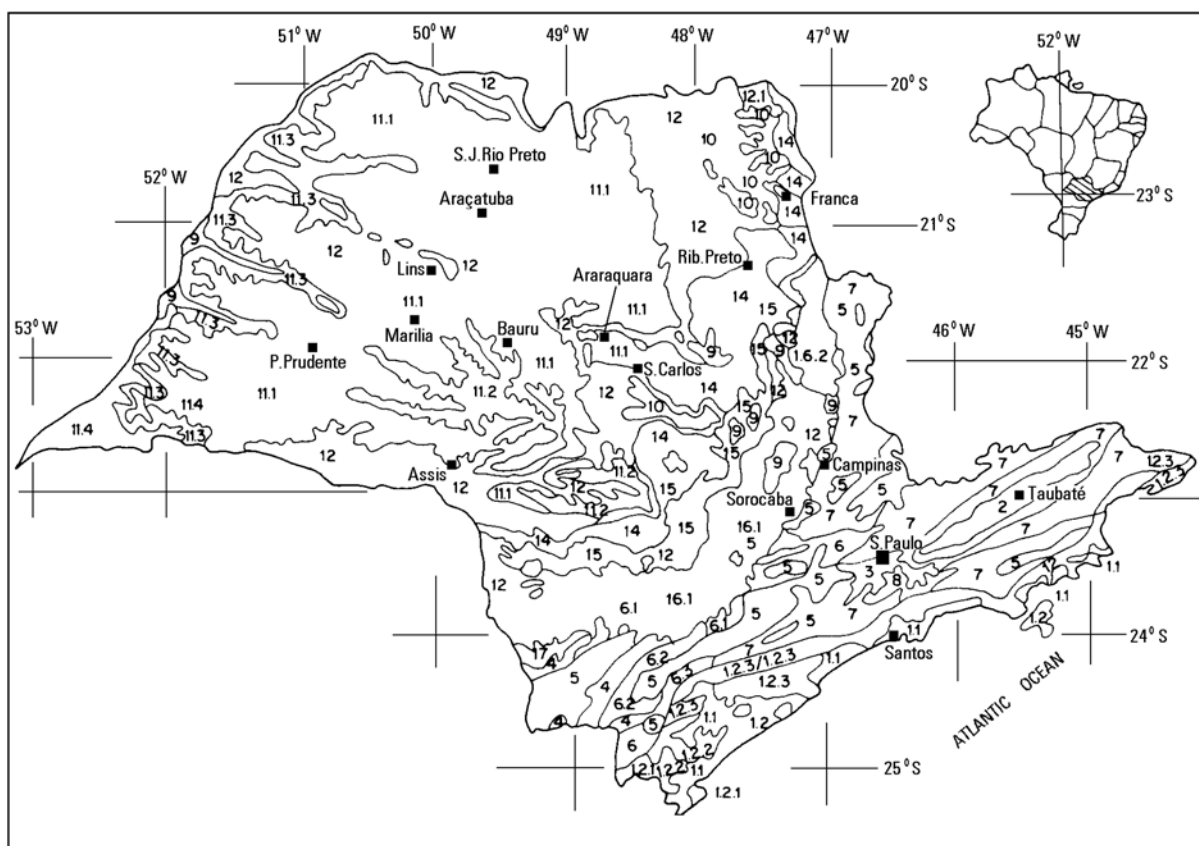
CIDADE	POPULAÇÃO (10^3 HABITANTES)	EVENTOS PERIGOSOS NATURAIS
Santos	500	Inundação, movimentos gravitacionais de massa, assoreamentos, erosão costeira, recalques, poluição das águas subterrâneas
São José dos Campos	1200	Inundação, erosão, escorregamentos em taludes artificiais, materiais expansivos
Campinas	1500	Inundação, erosão, solos colapsiveis, escorregamentos em taludes artificiais, materiais expansivos
Ribeirão Preto	700	Inundação, solos colapsiveis, poluição das águas subterrâneas, aterros sanitários
Jundiaí	500	Inundação, erosão, movimentos gravitacionais de massa
São Carlos	200	Inundação, erosão, solos colapsiveis
Bauru	350	Inundação, erosão, solos colapsiveis
São José do Rio Preto	350	Inundação, erosão, solos colapsiveis, escorregamentos em taludes artificiais
Franca	300	Inundação, erosão, solos colapsiveis, solos e rochas expansivas
Limeira	250	Erosão, inundação, solos expansivos
Presidente Prudente	500	Inundação, erosão, solos colapsiveis, escorregamentos em taludes artificiais
Taubaté	250	Inundação, erosão, movimentos gravitacionais de massa
Lins	200	Inundação, erosão, solos colapsiveis
Marilia	300	Erosão, solos colapsiveis
Araraquara	200	Inundação, erosão, solos colapsiveis, escorregamentos em taludes artificiais
Araçatuba	200	Erosão, solos colapsiveis
Assis	200	Erosão, solos colapsiveis
Piracicaba	300	Inundação, erosão, solos colapsiveis
Sorocaba	300	Inundação, erosão, movimentos gravitacionais de massa

Legenda
3,6,....12.1 – Unidades geológico-geotécnicas descritas na Tabela 04.

Figura 05 - Carta de zoneamento geológico-geotécnico geral do estado de São Paulo, Brasil, em escala 1:500.000 (Zuquette et al, 1994).

Tabela 04 Características geológica-geotecnicas básicas e eventos perigosos associados a cada unidade.

Unidades	Características gerais	Classes	Litologias ou texturas	Características Fundamentais	Subclasse	Declividade (%)	Eventos Perigosos Naturais
1	Zona costeira	1.1	Arenosa	Sedimentos inconsolidados	1.1.1	0 a 2	Inundação,Erosão, Escorregamentos, Marés altas
	Chuvas orográficas		Materiais argilosos e orgânicos		1.1.2	0 a 2	Recalques, Inundação
		1.2	Granitos	Fraturadas	1.2.1	>15	Escorregamentos, Erosão
			Xistos, Filitos e Gnaisses	Fraturadas	1.2.2	>15	Escorregamentos, Quedas
			Granulitos e Migmátitos	Fraturadas	1.2.3	>15	Escorregamentos
2	Materiais sedimentares	2.1	Arenosa e Argilosa	Rochas sedimentares brandas		<5	Inundação
		2.2	Arenitos	Rochas consolidadas		<10	Erosão
		2.3	Argilitos e Siltitos	Rochas consolidadas			Materiais expansivos
3	Rochas sedimentares	3.1	Arenosas e Argilosas	Alternância de materiais altamente cimentados e de baixo grau de cimentação		<5	Inundação, Erosão
		3.2	Siltitos, Argilitos, Arenitos	Rochas com cimentação intensa		5 a 10	Erosão, Escorregamentos
4	Rochas de baixo		Calcários, Xistos,	Distribuição irregular e alta diversidade de		10 a 20	Subsidências, Escorregamentos,

	grau metamórfico		Filitos e Quartzitos	materiais inconsolidados			Dolinas
5	Granitos			Fraturado		>20	Escorregamentos, Erosão

Tabela 04 - Características geológica-geotecnicas básicas e eventos perigosos associados a cada unidade (cont.)

Unidades	Características gerais	Classes	Litologias ou texturas	Características Fundamentais	Subclasses	Declividade (%)	Eventos Perigosos Naturais
6	Rochas de baixo grau metamórfico	6.1	Quartzitos e Filitos	Diferentes perfis de intemperismo		>10	Erosão, Escorregamentos
		6.2	Filitos			>10	Escorregamentos
		6.3	Xistos			>10	Escorregamentos
7	Migmátitos,granitos			Perfis de alteração semelhantes		>20	Erosão, Escorregamentos, quedas de blocos
8	Rochas ígneas,metamórficas e sedimentos	8.1	Sedimentos na forma de aluviões			<5	Inundação, recalques
		8.2	Granitos, xistos, migmátitos			>15	Erosão, Escorregamentos, quedas de blocos
				Cobertura continua de			Erosão, solos

9	Materiais inconsolidados	9.1	Sedimentos arenosos	arenitos e basaltos		>10	colapsáveis
		9.2	Colúvios arenosos e areno-argilosos	Distribuição descontinua sobre arenitos e basaltos		>10	Erosão, solos colapsáveis,creep
10	Rochas sedimentares associadas a platôs isolados	10.1	Arenitos conglomeraticos e siltitos-			<10	Erosão, quedas de blocos
		10.2	Arenitos com cimento argiloso			<10	Rochas e solos expansivos
		10.3	Sedimentos arenosos sobre rochas sedimentares	Siltitos, argilitos		<10	Erosão, escorregamentos, solos colapsiveis

Tabela 04 - Características geológica-geotecnicas básicas e eventos perigosos associados a cada unidade (cont.)

Unidades	Características gerais	Classes	Litologias ou texturas	Características Fundamentais	Subclasses	Declividade (%)	Eventos Perigosos Naturais
11	Rochas sedimentares associadas a platôs extensos	11.1	Arenitos intercalados com siltitos e argilitos	Presença de cimento e nódulos carbonáticos	11.1.1	<10	Solos e águas subterrâneas salinas
					11.1.2	>10	Solos salinos, erosão
		11.2	Arenitos grosseiros e finos associados a siltitos e argilitos	Presença de carbonatos em nódulos	11.2.1	>20	Solos salinos, erosão, quedas de rochas
					11.2.2	<10	Solos salinos, erosão
		11.3	Arenitos grosseiros e finos	Pode ocorrer presença de arcósios	11.3.1	>20	Erosão
					11.3.2	<10	Erosão laminar
		11.4	Arenitos grosseiros e finos		11.4.1	>20	Erosão
					11.4.2	<10	Erosão

Tabela 04 - Características geológica-geotecnicas básicas e eventos perigosos associados a cada unidade (cont.)

Unidades	Características gerais	Classes	Litologias ou texturas	Características Fundamentais	Subclasses	Declividade (%)	Eventos Perigosos Naturais
12	Rochas ígneas	12.1	Basaltos e arenitos intercalados	Arenitos com espessuras pequenas menores que 10 m	12.1.1	<10	Erosão
					12.1.2	10 to 20	Erosão e quedas de rochas
				Colúvios argilosos recobrindo as rochas	12.1.3	10 to 20	Escorregamentos de pequeno volume
		12.2	Basaltos	Fraturamento intenso		<10	Quedas de blocos
		12.3	Basaltos	Fraturamento intenso	12.3.1	<10	Escorregamentos de pequeno volume
				Solos porosos	12.3.2	<5	Solos colapsiveis
13	Rochas ígneas e sedimentares		Basaltos, arenitos	Encostas íngremes		>20	Creep, queda de rochas
14	Rochas arenosas	14.1	Arenitos	Presença de cimento silicoso	14.1.1	>15	Quedas de rochas, poluição de águas subterrâneas
				Cimentação incipiente	14.1.2	<5	Erosão, poluição de águas subterrâneas
		14.2	Arenitos	Silte e areia junto menor que 20%		<5	Erosão

Tabela 04 - Características geológica-geotecnicas básicas e eventos perigosos associados a cada unidade (cont.)

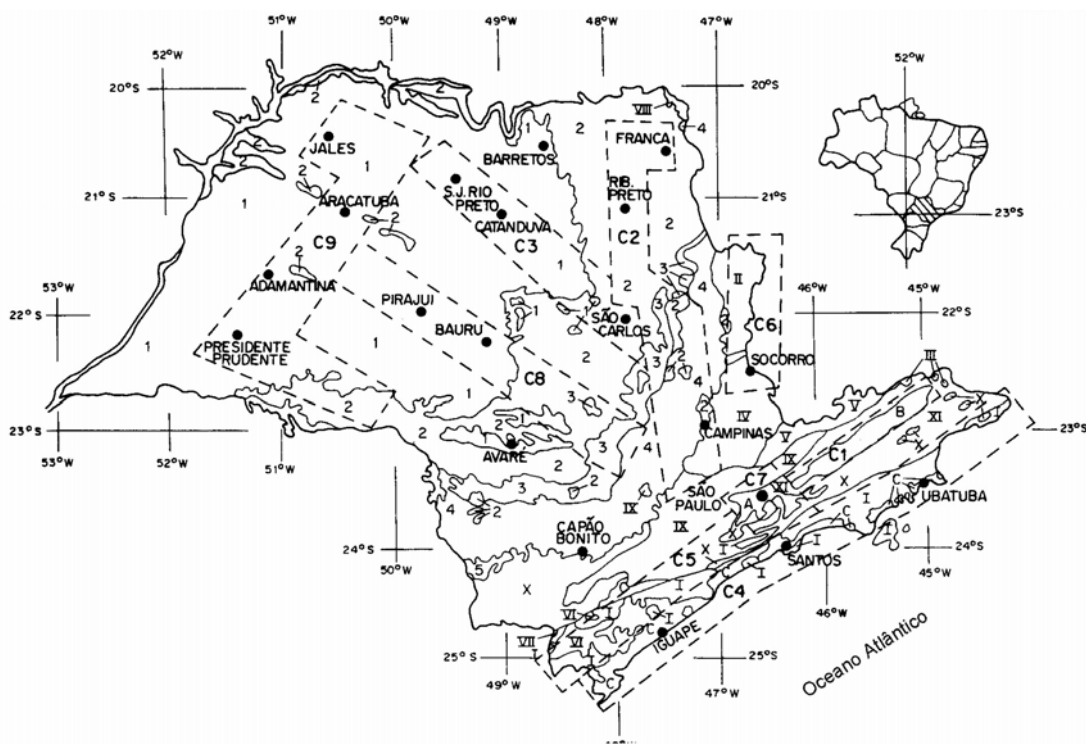
Unidades	Características gerais	Classes	Litologias ou texturas	Características Fundamentais	Subclasses	Declividade (%)	Eventos Perigosos Naturais
15	Rochas sedimentares com distribuição heterogênea	15.1	Siltito, argilito	Presença de esmectitas		<10	Rochas e solos expansivos
		15.2	Calcário, dolomito, folhelho			<10	Subsidências
16	Rochas sedimentares	16.1	Arenito, siltito, calcário, argilito, diamectito, folhelho	Argilitos e siltitos são mais que 70%		<10	Rochas e solos expansivos
		16.2	Arenito, siltito, calcário, argilito	Predomínio de arenitos		<10	Erosão, Subsidências
17	Rochas sedimentares		Arenitos			5 to 20	Erosão, quedas de rochas
18	Rochas metamórficas		Quartzitos intercalados com xistos e filitos			>20	Erosão e escorregamento pequenos

C1 – Corredor da Rodovia Dutra, C2 – Corredor das rodovias Anhanguera e Bandeirantes, C3 – Corredor da Rodovia W. Luiz, C4 – Corredor litoral, C5 – Corredor da Régis Bitencourt, C6 – Corredor cidades turísticas, C7 – Corredor região Metropolitana de São Paulo, C8 – Corredor noroeste e C9 – Corredor oeste.

Figura 06 - Principais corredores com intensa ocupação humana, principalmente com áreas urbanizadas (Modificado de Zuquette et al., 1994). C1, C2 referem se aos principais corredores de ocupação no estado de São Paulo.

Associando as informações contidas nos documentos cartográficos das figuras 05 e 06 pode-se verificar que os corredores C3, C8 e C9 estão sujeitos a ocorrência de processos erosivos, colapso de solos e escorregamentos em taludes artificiais.

5. CONCLUSÃO

O inventário para os diferentes estados permite verificar que há necessidade de uma política para o País e não voltada para partes ou mesmo estados, visto que há ocorrência de eventos perigosos em todos os estados e distribuídos espacialmente de maneira irregular. No entanto a uma total falta de conhecimento básico sobre os componentes do meio ambiente necessários ao entendimento técnico dos processos envolvidos na geração de eventos perigosos, assim como a maioria dos profissionais trabalha com os aspectos decorrentes dos mesmos.

Eventos perigosos estão distribuídos nas mais diferentes regiões, porém, em termos de extensão os

solos colapsiveis e os processos erosivos são os que mais se destacam, principalmente, nas zonas constituídas por materiais inconsolidados residuais ou retrabalhados, recobrindo rochas sedimentares e metamórficas. Apesar da erosão laminar ter sofrido um controle intenso devido as praticas de manejo agrícola, as lineares tem aumentado significativamente devido ao redirecionamento das águas do escoamento superficial, muitas vezes concentrando-as. Estudos voltados à previsão dos eventos perigosos, como as cartas de eventos perigosos (hazards) devem ser desenvolvidas com o objetivo de auxiliar planos que permitam a gestão das áreas com maior rigor técnico. O ponto principal no estudo de eventos perigosos trata-se das considerações sobre quais atributos devem ser considerados na previsão e não nos métodos que podem ser utilizados para tratamento das informações.

6. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

CPRM. Mapa Hidrogeológico do Brasil-escala 1:5.000.000.Ministério das Minas e Energia, Brasil, 1983.

DNPM .Mapa Geológico do Brasil.Escala 1:2,500,000.Ministério das Minas e Energia,Brasil, 1981.

IPT. Mapa geológico do Estado de São Paulo:escala 1:500.000.São Paulo,IPT-Publicação n.1184,Serie Monografias,5,2v,São Paulo,Brasil, 1981a.

IPT. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo:escala 1:1.000.000São Paulo,IPT-Publicação n.1183,Serie monografias,5,2v.São Paulo,Brasil, 1981b.

LOLLO, J. A. O uso da técnica de avaliação de terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico:Sistematização e aplicação na Quadrícula de Campinas.Vol.1 e 2.Tese de doutoramento EESC\USP, São Carlos, Brasil, 1995.

PEJON, O. J. Mapeamento geotécnico regional da folha de Piracicaba-escala 1:100.000.2v.Tese doutorado, EESC/USP, São Carlos, Brasil, 1992.

RODRIGUES,J. E.; ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. Mapeamento Geotécnico da Região Centro Leste do Estado de São Paulo. In: Solos do interior do estado de São Paulo,pp.61-76.ABMS, São Carlos, Brasil, 1993.

ZUQUETTE, L.V.; PEJON, O. J.; SINELLI, O.; GANDOLFI, N. Carta de risco da região de Ribeirão Preto (SP).In: Simpósio de geologia do sudeste,2.São Paulo,SBG,pp.360-265,Brasil, 1991.

ZUQUETTE,L.V.; PEJON,O.J.; SINELLI,O.; GANDOLFI,N. Preliminary zoning of risk and geotechnical conditions of Northeast Region of São Paulo State. II Simpósio latino americano de riesgos geológicos,Vol.1,pp.495-501.Colombia, 1992.

ZUQUETTE, L.V. Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: Fundamentos e guia para elaboração. São Carlos. Tese de Livre Docência, 1993, 2V., USP/EESC, 330p.

ZUQUETTE,L.V.;PEJON,O.J.;SINELLI,O. Enginnering geological zoning mapping of the Ribeirão Preto city-Brazil.Geoscience in urban planning.AGID-IAEG-INQUA.pp.407-417, Beijing,China, 1994.

ZUQUETTE,L.V.;PEJON,O.J.;SINELLI.O;GANDOLFI,N.;PARAGUASSU,A.B.;RODRIGUES,J.E.; VILAR, O. M. Engineering geological zoning of São Paulo State-Scale 1:500,000.Seventh International IAEG Congress,Vol.2,pp.1187-1195.Lisbon, 1994.

ZUQUETTE,L.V.;PEJON,O.J.;SINELLI,O.; GANDOLFI,N. Carta de riscos potenciais de erosão da cidade de Franca (SP)-escala 1:25.000.AGID Geosciences Series nº 21,pp.25-38,Cochabamba,Bolívia, 1994.

ZUQUETTE,L.V.; PEJON,O.J.; SINELLI,O.; GANDOLFI,N. Carta de zoneamento geotécnico específico para disposição de resíduos da região de Ribeirão Preto (SP).III Simpósio sobre disposição de resíduos e barragens de rejeitos,vol.2,pp.535-548,Ouro Preto,Brasil, 1995.

CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS FÍSICO-NATURAIS INTRÍNSECOS DA ENCOSTA E IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A DESLIZAMENTOS NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO ARARANGUÁ – BLUMENAU/SC

RAFAELA VIEIRA[1]
SANDRA MARIA DE ARRUDA FURTADO[2]

[1]Cursos de Arquitetura e Urbanismo – FURB e UNIVALI
[2]Curso de Pós-Graduação em Geografia – UFSC
rafaela@furb.br; furtadosm@brturbo.com

VIEIRA, R.; FURTADO, S. M. A. Caracterização dos aspectos físico-naturais intrínsecos da encosta e identificação das áreas susceptíveis a deslizamentos na sub-bacia do Ribeirão Araranguá – Blumenau/SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 337-351. (CD-ROM)

RESUMO
Em busca da redução dos riscos naturais, vários estudos têm sido desenvolvidos para determinar quando e como ocorrem os movimentos de massa, bem como onde se localizam as áreas mais suscetíveis, considerando os fatores intrínsecos (geologia, declividade, forma da encosta) e extrínsecos (clima, principalmente quantidade, intensidade, duração e distribuição de chuvas) da encosta. O presente trabalho realiza uma leitura da dinâmica da paisagem da sub-bacia do Ribeirão Araranguá, a partir de seus aspectos físicos-naturais, identificando-se os fatores que condicionam os movimentos de massa, em especial os deslizamentos, dando-se maior ênfase à declividade.
Palavras-chave: deslizamento, suscetibilidade, aspectos físico-naturais.

TYPIFYING OF THE INTRINSIC PHYSICAL-NATURAL ASPECTS OF THE HILLSIDE AND IDENTIFICATION OF THE LANDSLIDE SUSCEPTIBLE AREAS IN ARARANGUÁ'S STREAM SUB-BASIN – BLUMENAU/SC

ABSTRACT
Searching the reduction of natural risks, a great amount of research has been developed to determine when and how the land movements occur, as well as where are located the most susceptible areas, considering the intrinsic factors (geology, steepness, hillside shape) and extrinsic (climate, above all quantity, intensity, duration, and distribution of the rain) of the hillside. The present work accomplishes a reading of the dynamics of the landscape of the Ararangua's stream sub-basin, starting from its physical-natural aspects, identifying the factors able to condition the land movements, mainly the landslides, with emphasis to the steepness.
Key-words: landslide, susceptibility, physical-natural aspects.

1. INTRODUÇÃO

A dinâmica da paisagem da sub-bacia do Ribeirão Araranguá caracteriza-se pela ocorrência de enchentes, enxurradas e movimentos de massa, de modo especial os deslizamentos. Os 149 deslizamentos registrados pela Defesa Civil para os anos de 1997 a 2001, abrangem 24 vias, das 42 presentes na sub-bacia. A reincidência é elevada, representando 33% do total.

O objetivo do presente trabalho é identificar os fatores físicos-naturais condicionantes dos deslizamentos e mapear as áreas suscetíveis na sub-bacia do Ribeirão Araranguá. A análise dos aspectos físico-naturais e a localização das áreas suscetíveis a

deslizamentos têm sido uma das estratégias utilizadas na busca da redução dos riscos naturais, facilitando a preparação de esquemas de emergência, ou mesmo de prevenção.

2. METODOLOGIA

Os estudos geográficos sobre a paisagem demonstram que a sua leitura pode estar vinculada tanto aos aspectos físicos quanto sociais. Visando compreender os deslizamentos, foram analisados os fatores naturais intrínsecos da encosta (geologia, declividade e forma da encosta), com base especialmente nos trabalhos de Christofoletti (1974), CPRM (1981), Cruz (1974), Fernandes et al. (2001), Tatizana et al. (1987) e Xavier (1996).

A caracterização da geologia foi a partir de estudos prévios, associando-se com trabalhos de campo. A forma da encosta foi realizada com a utilização do software AutoCad 2000. Para a identificação das declividades e das áreas de suscetibilidade adotou-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG), através do software Arcview 3.3 e dos aplicativos Spatial Analyst e 3D Analyst.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Blumenau é formado por quatro unidades estratigráficas distintas: Complexo Luiz Alves, Complexo Metamórfico Brusque, Grupo Itajaí e Sedimentos Aluvionares (Fig.01). Na parte sul, há o predomínio do Grupo Itajaí, e segundo estudos desenvolvidos pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Blumenau (IPPUB, 1996), Santos (1996) e Xavier (1996), é aquela que apresenta os maiores problemas para urbanização, em função principalmente da geologia e da geomorfologia.

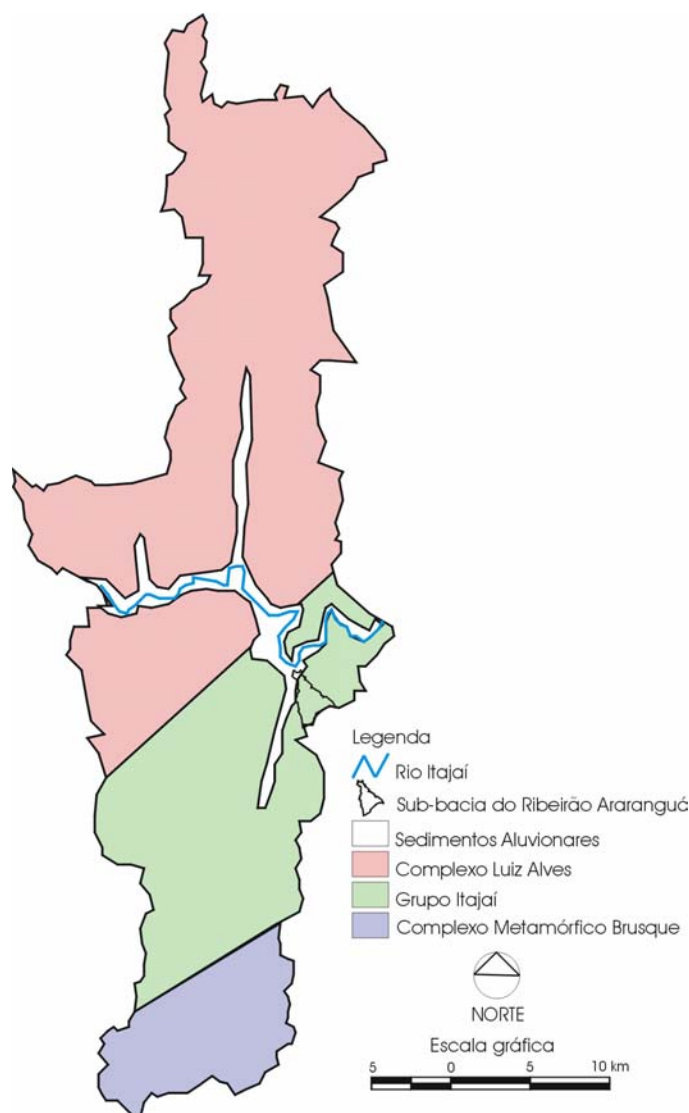



Figura 01 – Esboço geológico do município de Blumenau
Fonte: IPPUB, 1996

A sub-bacia do Ribeirão Araranguá, localizada na parte sul do município de Blumenau, é constituída dominantemente pelo Grupo Itajaí e por Sedimentos Aluvionares, de acordo com o mapeamento geológico da Folha Blumenau, SG. 22–Z–B–IV–4, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM,1981), em escala 1:50.000. O Grupo Itajaí é representado por rochas que possuem grau metamórfico muito baixo, são geralmente friáveis, com freqüentes falhamentos e dobras, apresentando localmente mergulhos acentuados, conforme relata Xavier (1996). De acordo com esse autor, de modo geral, em toda a parte sul do município, predominam falhas de direção nordeste, existindo também as com direção noroeste.

Figura 02 – Planos inclinados constituídos pela estratificação das rochas do Grupo Itajaí na área de estudo.
Fonte: Rafaela Vieira (01/2003).

Os Sedimentos Aluvionares constituem depósitos situados nas cotas topográficas mais baixas da área de estudo, correspondendo à planície de inundação do Ribeirão Garcia, sendo formados por material areno-síltico-argiloso e cascalhos inconsolidados, segundo a CPRM (1981). Para Xavier (1996), a planície aluvial atual é constituída por solos mal estruturados, porosos e moderadamente permeáveis, pouco suscetíveis aos processos erosivos, mas que necessitam de estruturas de retenção para a estabilidade dos cortes; aterros sobre a planície aluvial atual devem ser dimensionados contra ruptura e deformação excessiva ao longo do tempo, apresentando dificuldade de compactação, enfatiza esse autor.

A estruturação geológica determina um relevo constituído por um complexo de cristas predominantemente alinhadas na direção nordeste e por cursos d'água encaixados em vales relativamente profundos.

Assim, a paisagem da sub-bacia é caracterizada por uma topografia acidentada, apresentando grandes amplitudes topográficas. A cota mais elevada, 235 metros, encontra-se em seu divisor de água, e está a aproximadamente 1.800 metros da cota mais baixa, de cinco metros, na foz da sub-bacia. Esta topografia acidentada é um dos aspectos que mais

identifica a paisagem, delimitando lugares. O morro compõe a imagem passada e presente da paisagem, percebida pelos moradores como um dos aspectos que menos gostam no lugar.

As áreas planas homogeneízam o espaço, pois facilitam os percursos; já os morros o fragmentam pois oferecem dificuldade de travessia, conforme analisa Conti (2002). Assim, vales estreitos e relativamente profundos, diferenciam os lugares na sub-bacia estudada.

A figura 03 revela que 66% da paisagem da sub-bacia é formada por declividades superiores a 30%, excetuando-se apenas as partes mais planas na foz do Ribeirão Araranguá e nos topos dos morros que se constituem em área de preservação permanente segundo lei federal.

Declividades percentual ou graus	Percentual na sub-bacia*	Distribuição	Legislação pertinente
0 a 30% ou 0 a 16,69°	34%	Na planície formada pelo Ribeirão Araranguá e nos topos dos morros	Segundo a Lei Federal nº. 6.766/79, alterada pela Lei nº 9.785/99, e a Lei Estadual nº 6.063/82, alterada pela Lei nº 10.957/98, somente é permitido o parcelamento do solo em áreas com declividade até 30%.
30,01% a 40% ou 16,70° e 21,80°	16%	Pequenas parcelas	Seguindo a mesma legislação citada, glebas com declividade entre 30,01% a 100% possuem sérias restrições para a ocupação urbana, sendo indicadas principalmente para reflorestamento.
40,01% a 100% ou 21,81° e 45°	47%	Em grandes parcelas distribuídas por toda a sub-bacia	
Acima de 45° ou 100%	3%	Pontos específicos	Conforme o Código Florestal (Lei Federal nº 4.771/65, alterado pela Lei Federal nº 7.803/89) e a Resolução do CONAMA nº 004/85, tais declividades são áreas de preservação.

* Valor calculado na área da Sub-bacia do Ribeirão Araranguá com restituição digital

Figura 03 – Classes de declividades existentes na Sub-bacia do Ribeirão Araranguá

A declividade é um fator decisivo para os deslizamentos. Nos resultados do estudo desenvolvido por Cruz (1974) constata-se que o predomínio das declividades superiores a 40% impulsionou os movimentos de massa, independente da cobertura vegetal florestal ou da ocupação humana, na Serra do Mar em 1967. A acentuada declividade configurando escarpas na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, no Sul do Estado de Santa Catarina, também é destacada por Buss et al. (2000) como um dos fatores que determinou a ocorrência dos movimentos de massa em dezembro de 1995. Fernandes et al. (2001),

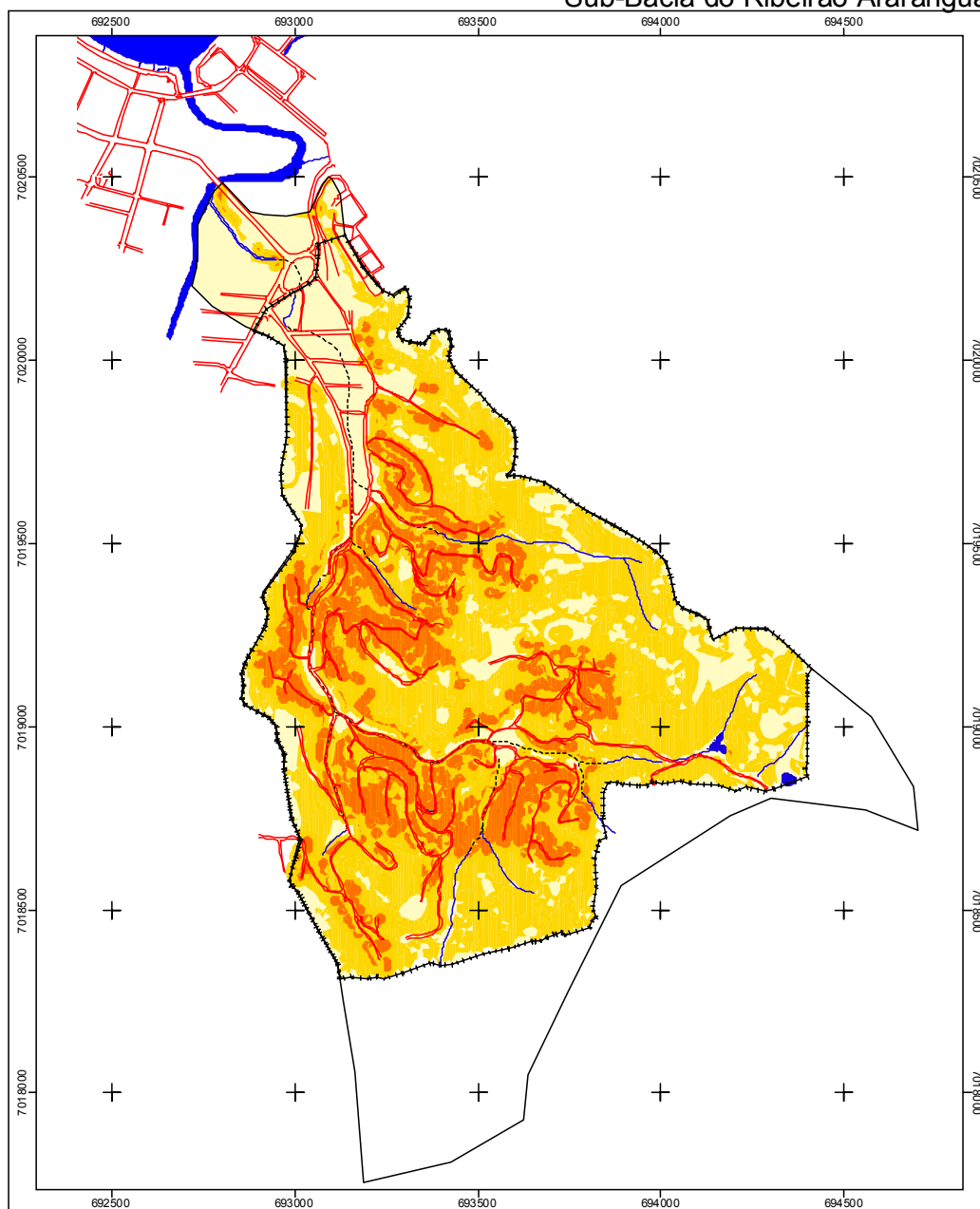
também atestam a influência da declividade no condicionamento de deslizamentos, sugerindo, através de modelos matemáticos, limites críticos, a partir dos quais o aumento da declividade acarreta uma diminuição no potencial de deslizamentos. Cabe destacar que o limite crítico sugerido por estes autores é bastante elevado, aproximadamente 55^{o} ou 143%, o que não impede as altas declividades de serem consideradas como fortes condicionantes das ocorrências de deslizamentos.

Mas, a declividade não pode ser considerada isolada de outros fatores como espessura do solo e fraturas. Neste sentido, pode-se afirmar que áreas com declividades elevadas são mais suscetíveis à deflagração de ocorrências de deslizamentos; contudo, os danos também podem ser sentidos nas áreas de baixa declividade, visto que um desequilíbrio em qualquer parte da encosta afeta os segmentos adjacentes superior e inferior, como um efeito dominó ou em cascata.

Na sub-bacia estudada,este efeito dominó pode ser verificado, ocorrendo registros de deslizamentos em áreas de declividade reduzida, localizadas na baixa encosta. Tais ocorrências são resultantes de desequilíbrios nos segmentos da média encosta, geralmente em função de cortes e aterros realizados para implantação das edificações.

Entendendo-se que qualquer ação para prevenção de desastres, reduzindo-se o grau de incerteza do perigo, requer a identificação das áreas de risco, definiu-se três classes - instalada, potencial e baixa - de suscetibilidade a deslizamento na sub-bacia do Ribeirão Araranguá. Conforme é apontado por Cerri (1993, apud Macedo 2001), um número reduzido de classes destaca mais os extremos, reduzindo-se a subjetividade na classificação dos riscos médios.

Apesar de reconhecer que os deslizamentos são condicionados e potencializados pela integração de uma série de fatores físicos e sociais, o mapa 1 foi elaborado a partir das variáveis declividade e ocupação urbana.

Mapa 1 - Suscetibilidade a deslizamento na
Sub-Bacia do Ribeirão Araranguá
692500
693000
693500
694000
694500
7020500
7020000
7019500
7019000
7018500
7018000
Fonte: Base Cartográfica = Carta Topográfica, Escala 1:2000, Aeroimagem (folhas 928018; 928019; 928020,1994/1995)
Edição: Rafaela Vieira e Carlos Eduardo de Souza.
Este mapa é parte integrante da tese de doutorado, VIEIRA (2004), PPGEO/UFSC.
LEGENDA
200 0 200 400 600 m
Projeção Universal Transversa de Mercator
Equidistância das curvas de nível: 5m
Meridiano central: 51° W. GR.
Limite da sub-bacia hidrográfica
Limite da área estudada com restituição digital
Rua
Curso d'água
Curso d'água canalizado
Suscetibilidade
a deslizamento
instalada
potencial
baixa

Os critérios utilizados para a definição das classes foram:

- Instalada: considerou-se todas as áreas ocupadas com declividade acima de 30%, pois a partir dessa declividade já existem registros de deslizamentos. A partir do centro da edificação, traçou-se uma circunferência com 15 metros de raio; este valor decorre do tamanho máximo aproximado entre as edificações presentes nas encostas;
- Potencial: considerando-se que um desequilíbrio em qualquer parte da encosta pode afetar os segmentos adjacentes superior e inferior foi traçada uma faixa de 15 metros no entorno das áreas de suscetibilidade instalada. Apesar de reconhecer que esta área de influência pode ser variável, definiu-se este valor por englobar todos os pontos com registro de deslizamento de 1997 a 2001. Somadas a ela estão as áreas com declividade acima de 30%, mas que atualmente não se encontram ocupadas;
- Baixa: constituem-se em todas as demais áreas com restituição digital na sub-bacia, que possuem ou não ocupação, apresentando uma declividade inferior a 30%.

O resultado obtido foi que somente cerca de 20% da área da sub-bacia foi classificada com baixa suscetibilidade a deslizamentos, localizadas geralmente em topos de morros e na planície. Com a sobreposição do mapa de restrições legais, evidencia-se que grande parte das zonas com baixa suscetibilidade a deslizamento constituem-se em Áreas de Preservação Permanente, segundo legislação ambiental municipal e federal. Assinala-se ainda, que junto à foz do Ribeirão Araranguá a incidência de inundações a restringiriam para a ocupação urbana.

A elaboração do mapa de suscetibilidade de deslizamento para a sub-bacia, justifica-se pois apesar dos vários problemas provocados pelos deslizamentos em Blumenau, existe apenas uma carta geotécnica elaborada por Xavier (1996), em escala 1:50.000. Nesse mapa consideram-se as principais características fisiográficas, geológicas e a dinâmica da ocupação dos espaços urbanos do município; suas fontes de informação foram a fotointerpretação, análise de mapas topográficos e levantamentos de campo. Esse autor identifica cinco unidades geotécnicas referentes à ocupação urbana, classificadas em áreas impróprias, áreas com sérias restrições, áreas com restrições moderadas, áreas adequadas e de preservação permanente (Fig. 04).

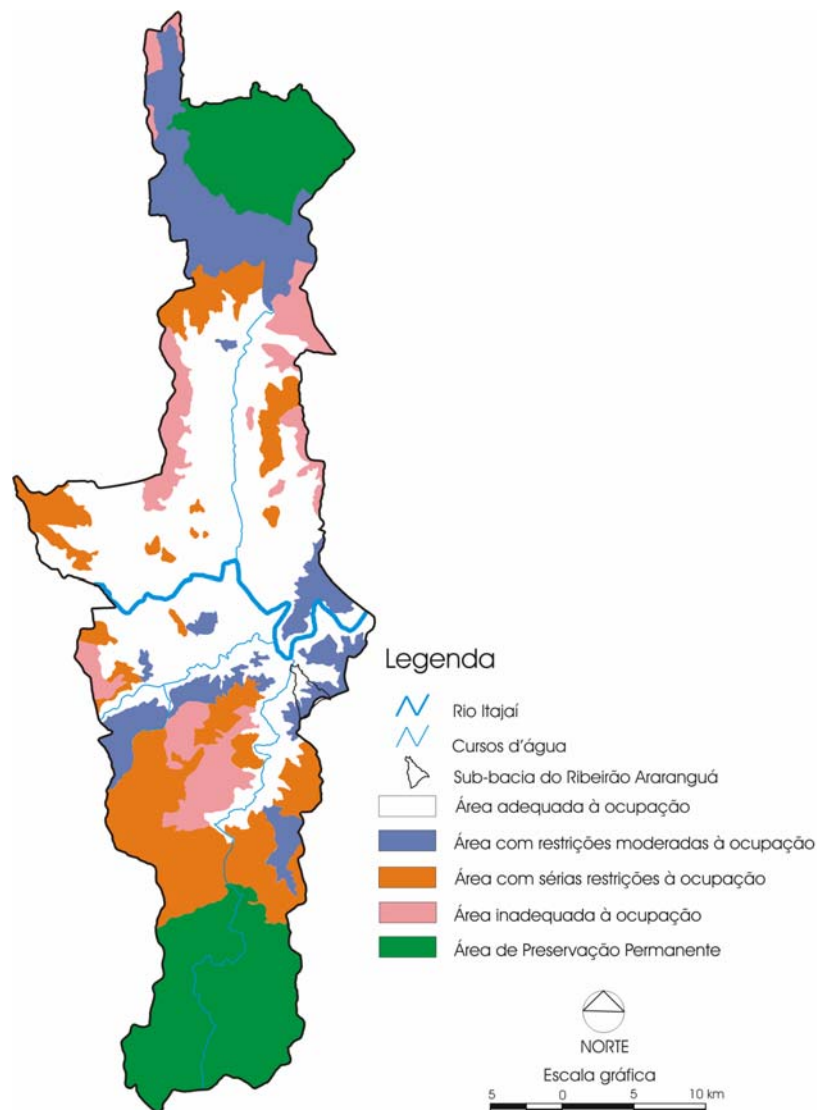



Figura 04 – Carta geotécnica do município de Blumenau.
Fonte: Xavier, 1996a; Edição: Ebel, 2003.

Conforme se pode observar na figura 04, é principalmente na área sul do município, que se encontram as unidades geotécnicas com restrições e inadequadas à ocupação urbana, especialmente onde ocorre o Grupo Itajaí e as maiores declividades, caracterizando-se por uma topografia bastante acidentada. Nesta carta geotécnica, parte da sub-bacia constitui-se em área adequada à ocupação urbana e outra com restrições moderadas à ocupação. Porém, deve-se considerar que tal mapeamento é genérico, devido à escala de sua elaboração, pois a sub-bacia estudada caracteriza-se como uma área inadequada à ocupação em quase sua totalidade.

A suscetibilidade a deslizamentos aumenta com a elevação da declividade, porém, não é o único fator que a condiciona. A forma da encosta também é um aspecto importante, definida em função da distribuição e associação da declividade ao longo da encosta. Para a

sub-bacia estudada, define-se a grosso modo um perfil convexo nos topos dos morros e de retilíneo a suavemente côncavo na média encosta. As encostas propiciam setores de concentração (côncavos) e de distribuição de água (convexos), bem como setores intermediários (retos).

A forma da encosta exerce grande influência no controle da distribuição espacial dos deslizamentos, conforme estudo realizado por Fernandes et al. (2001) para algumas áreas no Rio de Janeiro. Nos setores côncavos, o potencial de deslizamento foi aproximadamente três vezes maior que o associado às feições convexas e retilíneas. Contudo, perfis retilíneos são também condicionantes de deslizamentos, pois, segundo Bloom (1996), eles se formam quando a erosão é rápida, gerando por sua vez, maior suscetibilidade a novos deslizamentos. Este último analisa que os declives são difíceis de serem estudados, pois são transitórios, tanto em relação à forma como aos processos, sendo as encostas superfícies irregulares que não podem ser descritas por simples equações matemáticas.

Encostas com grande amplitude, alta declividade, perfil retilíneo a suavemente côncavo constituem-se em áreas com grande suscetibilidade às ocorrências de deslizamentos, processos esses deflagrados na média encosta, mas que também atingem a baixa encosta, como é o caso da sub-bacia do Ribeirão Ararangua, imprimindo no relevo expressivas feições como cicatrizes (Fig. 05).

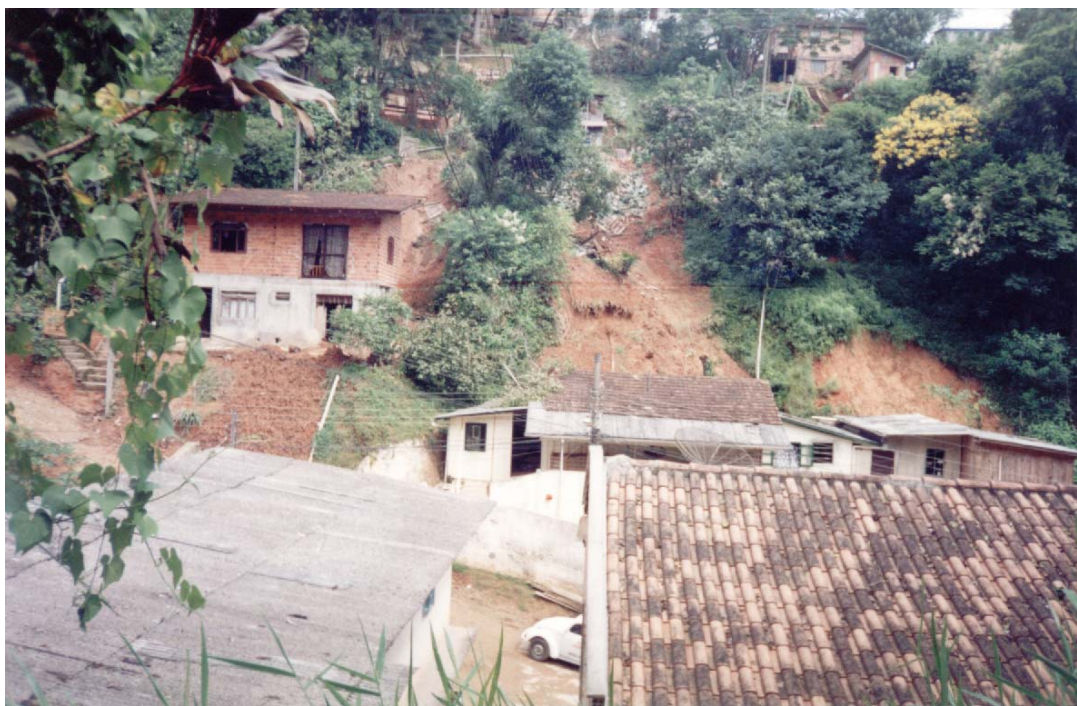



Figura 05 – Cicatrizes de deslizamentos na Rua José Busnardo.
Fonte: Arquivo da Defesa Civil de Blumenau (03/2000)

De acordo com Tatizana et al. (1987), para Cubatão, São Paulo, a suscetibilidade é variável em cada setor da vertente, dependendo de condicionantes como:

- geologia - rochas mais brandas são mais suscetíveis a intemperismos químicos, como os filitos que geram solos mais argilosos e com menor resistência ao cisalhamento, quando comparados com rochas ígneas e metamórficas de alto grau. O acentuado fraturamento potencializa a instabilização de deslizamentos;
- geomorfologia - porções retilíneas, bem como as côncavas, são mais suscetíveis, concentrando o fluxo de água;
- declividade superior a 30^o ;
- cobertura vegetal - tem importante papel na estabilização do talude, principalmente em áreas mais íngremes e com solo pouco espesso. Possibilita o travamento mecânico do solo, aumentando o seu coeficiente de coesão, superando o efeito instabilizador com o peso exercido pela vegetação. A copa impede o impacto direto das gotas d'água no solo e retém significativa parcela de água precipitada que volta à atmosfera pela evaporação, diminuindo a infiltração e o escoamento superficial. O corte da vegetação altera o ciclo hidrológico, havendo um apodrecimento das raízes e eliminando a coesão;
- regime pluviométrico, fator extrínseco à encosta, mas que pode apresentar uma distribuição diferente ao longo das vertentes;
- posição da encosta - os processos morfogenéticos variam com a posição da encosta, sendo que nos setores mais altos os processos são mais rápidos.

Vários autores, entre eles Cristo (2002) e Coutinho (2000), têm utilizado a análise areal para compreensão da dinâmica atual da bacia que, segundo Christofoletti (1974), associa a forma da bacia com sua área, englobando vários índices como o de circularidade e o de forma. O índice de circularidade proposto por Miller (1953 apud Christofoletti, 1974) é a relação existente entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro, e representado pela fórmula:

$$Ic = \frac{A}{Ac}$$

Onde Ic = índice de circularidade
A = área da bacia
Ac = área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada

Quanto mais próximo de 1,0, mais próximo da forma circular será a bacia de drenagem. E, quanto maior for o valor do índice de circularidade, maior o perigo de enchentes, como acentua Rocha (1991), pois haverá uma maior concentração de água no tributário principal quando se tem chuva intensa, citando o exemplo da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí-Açu, em Santa Catarina, a qual possui elevado valor de Ic, constituindo-se um local de gravíssimas e famosas enchentes.

Para a sub-bacia do Ribeirão Araranguá o Ic calculado é de 0,635, conforme demonstrado no cálculo abaixo. Apesar do Ic não ser elevado, a sub-bacia apresenta áreas inundáveis localizadas nas cotas mais baixas, mas que ocorrem devido ao transbordamento do Rio Itajaí-Açú, que está a apenas 90 metros da área e apresentando grande curva neste local.

O índice de forma foi estabelecido por Lee; Salle (1970 apud Christofoletti, 1974). A partir da delimitação da bacia hidrográfica, traçam-se figuras geométricas (círculo, retângulo e triângulo) que a cubram da melhor maneira possível, independentemente de escala. A seguir relaciona-se a área de intersecção e de união entre as figuras, obtendo-se assim o índice de forma através da fórmula:

$$If = 1 - \frac{K \cap L}{K \cup L}$$

Onde:
If = índice de forma
K = área da bacia hidrográfica
L = área da figura geométrica
$\cap$ = intersecção
$\cup$ = união

Quanto menor for o índice, mais próxima da figura geométrica é a forma da bacia. Segundo Rocha (1991), formas triangulares ou retangulares são menos suscetíveis a enchentes que as circulares, ovais ou quadradas, pois há maior possibilidade de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda sua extensão, concentrando grande volume de água.

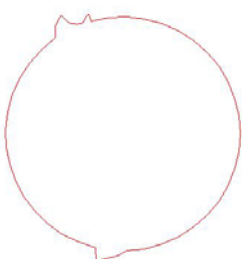
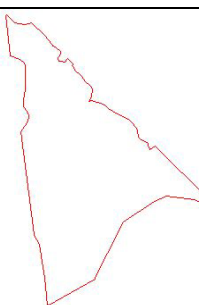



Figura	Intercessão das áreas	União das áreas	Índice de Forma
Círculo	2,180 km²	5,395 km²	0,595922
Retângulo	2,076 km²	3,896 km²	0,467146
Triângulo	2,071 km²	2,727 km²	**0,240557** Resultado mais próximo de zero.

Figura 06 – Índice de forma da Sub-bacia do Ribeirão Araranguá.

A sub-bacia estudada possui forma triangular (Fig. 06), constituindo-se em um dos fatores que influencia na ocorrência de deslizamentos. Partindo-se dos estudos de Fernandes et al. (2001), os quais confirmam que a área de contribuição (área drenada a montante de cada ponto no interior das bacias) foi o parâmetro morfológico que mostrou influência mais significativa na ocorrência de deslizamentos, poder-se-ia dizer que as formas triangulares apresentam os maiores potenciais de deslizamentos, pois representam as mais elevadas áreas de contribuição em relação a montante de cada ponto da bacia. Assim, a forma triangular da sub-bacia é uma forte condicionante nas ocorrências de deslizamentos, visto que possibilita além de uma maior área de contribuição, uma maior concentração.

4. CONCLUSÃO

A integração dos aspectos intrínsecos da encosta (geologia, declividade e forma da encosta) faz com que a Sub-Bacia do Ribeirão Ararangua apresente áreas muito suscetíveis a deslizamentos. Só aproximadamente 20% da área da sub-bacia possuem baixa suscetibilidade a deslizamentos, sendo, porém, atingida por inundações, ou então, constituindo-se em áreas de preservação permanente, desaconselhando-se sua ocupação urbana.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLOOM, A. **Superfície da Terra.** São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 1996. 184 p.

BUSS, M. D.; FURTADO, S. M.de A.; SCHEIBE, L. F. É, ninguém escapa do rio...: geografia de uma catástrofe natural. **Geosul**, Florianópolis, v. 15, n. 29, p. 55-78, jan./jun. 2000.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, UNESP, 1974. 150p.

CONTI, J. B. As Relações Sociedade/Natureza e os Impactos da Desertificação nos trópicos. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, v. 23, n. 4, dez. 1999. 42 p.

COUTINHO, S. da. V. **Morro do Arthur (Blumenau/SC)** – diagnóstico dos fatores naturais e antrópicos que influenciam na movimentação de massa em encostas. 2000. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Folha Blumenau, SG. 22 – Z – B – IV – 4) de 1981. Projeto Timbó-Barra Velha. Escala 1:50.000.

CRISTO, S. S. V. de. **Análise de susceptibilidade a riscos naturais relacionados às enchentes e deslizamentos do setor leste da Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi, Florianópolis-SC.** 2002. 165 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CRUZ, O. **A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba: contribuição a geomorfologia tropical litorânea**. 1974. 181 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de São Paulo, São Paulo.

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R. GREENBERG, H. Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis**. Revista Brasileira de Geomorfologia**, UGB, ano 2, n. 1, 2001. p. 51-71.

IPPUB – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Blumenau - **Blumenau Perfil 1996**. 284 p. (mímeo).

MACEDO, E. S. de. **Elaboração de cadastro de risco iminente relacionado a escorregamentos: avaliação considerando experiência profissional, formação acadêmica e subjetividade**. 2001. Tese (Doutorado em Geociências), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

ROCHA, J. S. M. da R. **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 1991. 181 p.

SANTOS, G. F. dos. **Vale do Garcia (Blumenau-SC)**: análise climato-geomorfológica e a repercussão dos episódios pluviais no espaço urbano. 1996. 17 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de São Paulo, São Paulo.

TATIZANA, C. OGURA, A. T.; CERRI, L. E.; ROCHA, M. C. M. da. Modelado numérico da análise de correlação entre chuvas e escorregamentos aplicado às encostas na Serra do Mar no município de Cubatão. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 5, São Paulo. **Anais**... v.2, São Paulo: ABGE, 1987, p. 237-248.

VIEIRA, R. **Um olhar sobre a paisagem e o lugar como expressão do comportamento frente ao risco de deslizamento.** 197 f. 2004. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

XAVIER, F. da F. Caracterização geotécnica do município de Blumenau: dados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8, Rio de Janeiro, 1996a. **Anais**... v. 2, Rio de Janeiro, 1996. p. 561-567.

METODOLOGIA APLICADA A ANÁLISE DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A RISCOS NATURAIS NO SETOR LESTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITACORUBI, FLORIANÓPOLIS – SANTA CATARINA – BRASIL

SANDRO SIDNEI VARGAS DE CRISTO[1]
MARIA LÚCIA DE PAULA HERRMANN[2]

[1]Curso de Geografia do Campus de Porto Nacional
Fundação Universidade Federal do Tocantins – UFT
[2]Curso de Geografia
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
sidneicristo@bol.com.br; herrmann@cfh.ufsc.br

CRISTO, S. S. V.; HERRMANN, M. L. P. Metodologia aplicada a análise de áreas susceptíveis a riscos naturais no setor leste da bacia hidrográfica do rio Itacorubi, Florianópolis – Santa Catarina - Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 352-367. (CD-ROM)

RESUMO
O presente artigo refere-se a uma metodologia aplicada ao mapeamento de áreas com susceptibilidades aos riscos naturais encontradas na bacia hidrográfica do Rio Itacorubi, em específico em seu setor leste, o qual encontra-se assentado sobre a porção central da Ilha de Santa Catarina localizada no município de Florianópolis, Santa Catarina. Metodologia que foi desenvolvida e adaptada de Dias (2000). O enfoque principal da pesquisa relacionada aos riscos naturais encontrados na área em questão, fica sobre as áreas susceptíveis as enchentes e aos deslizamentos que estão sofrendo com a constante expansão da urbanização local. Esta expansão evidenciada aparece tanto nas encostas com declividades acentuadas, mais sujeitas aos deslizamentos, quanto nas áreas de planície com relevo plano e baixo, mais sujeitas à ocorrência de enchentes. Desta maneira, desenvolveu-se uma metodologia aplicada ao mapeamento destas áreas com maiores probabilidades de ocorrências de riscos naturais, analisando-se os fatores físicos e humanos encontrados no local que de uma forma ou de outra são os aspectos preponderantes na resultante situação atual da área de pesquisa. Em específico os procedimentos metodológicos adotados foram os seguintes: primeiramente, caracterizou-se os aspectos geológicos, os aspectos geomorfológicos, os aspectos pedológicos, a declividade, as formas das encostas e o uso e da terra, utilizando-se fotografias aéreas, imagens de satélites e trabalhos de campo apoiados com aparelho de localização geográfica GPS (Global Position System). Num segundo momento, confeccionou-se os mapas temáticos dos aspectos analisados, onde para cada uma das características identificadas foram atribuídos valores (pesos) a fim de estabelecer as classes de susceptibilidades a riscos naturais de deslizamentos e enchentes. Num terceiro momento realizou-se a integração dos elementos considerados (mapas temáticos) por meio de técnicas de geoprocessamento através de um *software* gerenciador de Sistema de Informações Geográficas/SIG (*Microstation GeoGraphics*), resultando no Mapa final de Susceptibilidade com a hierarquização das diversas classes de susceptibilidades.
Palavras-chave: áreas de riscos naturais, deslizamentos, enchentes.

APPLIED METHODOLOGY THE ANALYSIS OF SUSCEPTIBLE AREAS TO NATURAL RISKS IN THE SECTION EAST OF RIVER ITACORUBI BASIN HYDROGRAPHIC, FLORIANOPOLIS - SANTA CATARINA - BRAZIL

ABSTRACT
The present article refers to a methodology applied for analysis of areas of natural risks of the section east of the hydrographic basin of the River Itacorubi, located in the central portion of the island of Santa Catarina, city of Florianópolis, related mainly with the areas of risks under the process of urban expansion. Methodology that was developed and adapted of Dias (2000). This process of urban expansion, that occurs in such a way in the declivous hillsides how much in the flooding plain, accents the negative impacts caused by intense rains that are the floods and the landslides. Ahead of this partner-ambient problem, the main objective of the study is to identify to the susceptive is areas the natural risks, through the integrated analysis of the physical and human factors, having as end item to the elaboration of the Map of Susceptibilities the Natural Risks. To reach the considered objective, one adopted the following methodological procedures: first, the

geologic, geomorphologic, soils aspects, declivity, forms of the hillsides and the use of the land had been analyzed, through the interpretation of air photographs, images of satellites and supported works of field with GPS. With the diverse analyzed aspects, thematic maps had been confectioned, where each one of the identified characteristics stops had been attributed values (weights) in order to establish the susceptibilities classrooms the risks of landslides and floods, that were carried through by means of the crossing of all the considered elements, for intermediary of a manager software of System of Geographical Information – SIG (Microstation Geographics), resulting in the Map of Susceptibilities, with the hierarchization of the diverse classrooms of susceptibilities to the flood and the landslide.
Key-words: areas of natural risks, sliding, flood.

1. INTRODUÇÃO

A intensa expansão da urbanização que vem ocorrendo de maneira desordenada e sem controle tem ocasionado grandes degradações ambientais, as quais podem ser percebidas com os freqüentes desmatamentos e ocupações de áreas de encostas, alem dos desmatamentos com as ocupações de áreas marginais das drenagens, facilitando o aumento das situações de riscos naturais ou induzidos pelo próprio homem.

As situações de riscos se acentuam principalmente pelas ocorrências de episódios pluviais intensos, os quais são freqüentemente registrados pelos meios de comunicação pelas conseqüentes ocorrências de desastres relacionados às enchentes e deslizamentos, muitos dos quais são provenientes da ocupação humana em áreas susceptíveis a riscos naturais[1], favorecendo os deslizamentos nas áreas íngremes e as enchentes nas áreas de planície próximas aos cursos d'água.

Em sua grande maioria, os desastres naturais ocorridos no mundo são provenientes principalmente de países com maiores deficiências econômicas, onde estes eventos ocasionam verdadeiras catástrofes com significativas perdas de vidas humanas e incalculáveis perdas materiais, como são os casos da Indonésia (1992), México (1993), Equador (1993) e Venezuela (1999)[2].

Com o propósito de combater os problemas ocasionados pelos desastres naturais no mundo, são realizados anualmente vários Eventos em diferentes países, para discussão das situações de susceptibilidades ou de riscos aos mesmos, buscando encontrar as causas e analisar suas conseqüências.

[1] Áreas Susceptíveis a Riscos Naturais: são considerados nesta pesquisa, como aqueles locais que, embora não apresentem situações de risco de perdas materiais ou de vidas humanas atualmente, possuem condicionantes ou predisposição à ocorrência de acidentes futuramente em ocasião de episódios pluviais intensos.

[2] Segundo Carvalho (1998) apud Dias (2000), na Indonésia (1992) ocorreram 77 mortos, no México (1993) cerca de 27 mortos e 1000 desalojados, no Equador (1993) 70 mortos e segundo MRE (1999) *apud* Dias (2000), na Venezuela (1999) foram estimados entre 15 e 50.000 mortos e 81.000 feridos.

Preocupação que também deve se manifestar no Brasil, pois segundo estimativas cerca de 80% da população vive em áreas urbanizadas e o adensamento populacional, especialmente nas principais cidades brasileiras e suas áreas periféricas, vem proporcionando o surgimento de áreas susceptíveis a riscos naturais destacando-se as cidades de Salvador, Belo Horizonte, São Paulo e Rio de Janeiro que sofrem constantemente com acidentes originados pelas enchentes e pelos movimentos de massa.

A exemplo das cidades citadas anteriormente, o Estado de Santa Catarina também merece atenções especiais, no que se refere à eventos naturais extremos, principalmente aqueles relacionados à ocorrência das fortes chuvas que atingem a região sul do Brasil.

De acordo Herrmann *et al* (2001) foram registradas em Santa Catarina, durante 1980 a 2000, cerca de 1.215 enchentes, 322 enxurradas e 117 deslizamentos. Em Florianópolis foram registrados 22 episódios pluviais, totalizando 13 enchentes e 09 deslizamentos, causando danos materiais e humanos à população instalada em áreas de risco. População esta, que pelo processo de urbanização ocupa indiscriminadamente áreas de planície de inundação e avança com as ocupações das áreas de encostas.

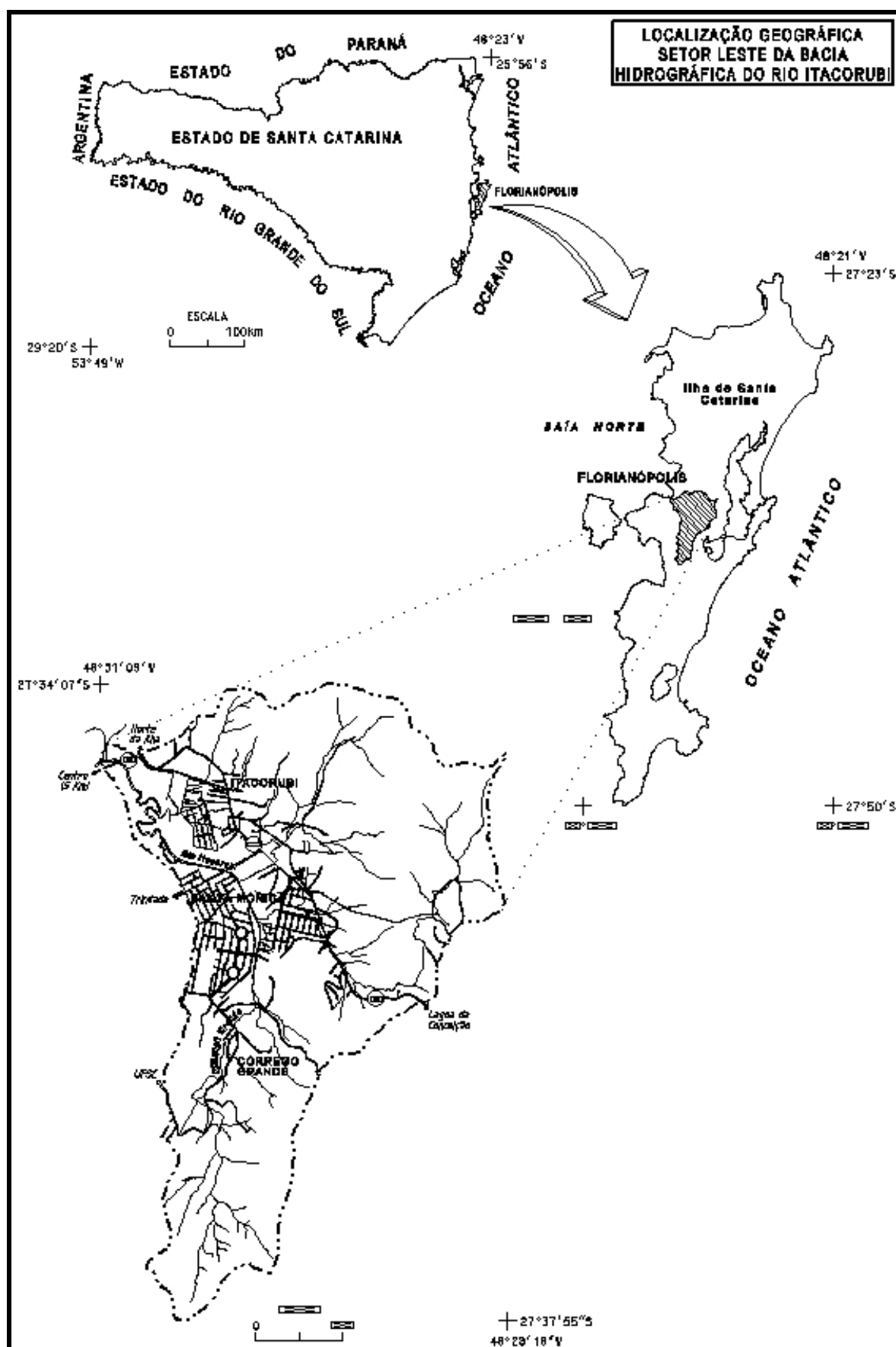
Com o aumento progressivo dos problemas relacionados à degradação do meio ambiente local, principalmente nas áreas ocupadas pela urbanização, torna-se necessário à realização de pesquisas que contribuam para melhoria da relação homem e meio físico, evitando-se o agravamento da situação provocada pelo uso inadequado do solo, como é o caso da presente pesquisa buscando identificar áreas com condicionantes a ocorrência de enchentes e deslizamentos, as quais apresentam fragilidades naturais frente às ocupações.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de pesquisa, corresponde ao setor leste da bacia hidrográfica do rio Itacorubi (mapa 1), estando inserida na parte central da Ilha de Santa Catarina onde se encontra a sede do município de Florianópolis, o qual tem como principal afluente o Córrego Grande e abrange uma área total de 16,80 Km^2, representando cerca de 66% dos 25,19 Km^2 totais da área da bacia hidrográfica do rio Itacorubi, onde está inserido.

O relevo da área de estudo caracteriza-se por apresentar duas feições topográficas bem distintas, ou seja, uma marcada pela presença de uma área de planície que se encontra praticamente urbanizada próxima à foz do Rio Itacorubi e a outra caracterizada pelas elevações rochosas com encostas íngremes formadas por morros e divisores de água.

As diferenças entre feições topográficas acentuam-se com os contrastes planialtimétricos entre as mesmas, onde pode-se observar amplitudes na ordem de 500

metros entre ambas, destacando-se o morro da Costa da Lagoa com cerca de 496 metros de altitude na área mais elevada junto aos divisores leste da área de pesquisa, até chegar ao 0 metro de altitude junto ao mar, na baía norte da ilha de Santa Catarina, onde se encontra o mangue do Itacorubi considerado como área de Preservação Permanente pela Legislação Ambiental Municipal.

Mapa 1. Localização da área de pesquisa- Florianópolis – SC (Cristo/julho de 2002).

3. METODOLOGIA

De maneira geral a metodologia adotada consiste na identificação e análise dos diversos aspectos físicos e humanos da paisagem como fatores condicionantes às situações de susceptibilidades que foram cartografados, servindo de apoio para o mapeamento das áreas susceptíveis via geoprocessamento. Desta maneira o desenvolvimento da pesquisa compreendeu sucessivas etapas, as quais se distribuíram da seguinte forma:

3.1 Levantamento de materiais bibliográficos e cartográficos

O levantamento do material bibliográfico e cartográfico obteve como base os trabalhos e mapeamentos já elaborados com abrangência da área de pesquisa, além de uma ampla pesquisa sobre riscos naturais, buscando-se enfatizar os deslizamentos e enchentes.

3.2 Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo foram realizados procurando-se confirmar as informações obtidas em laboratório com utilização de imagens de satélite e de fotografias aéreas, além da realização dos perfis de solo, definindo suas características texturais e estruturais.

3.3 Trabalhos de Laboratório

Nesta etapa utilizou-se os Laboratórios do Departamento de Geociências da UFSC, principalmente o Laboratório de Cartografia e Fotogrametria e o Laboratório de Geoprocessamento, sendo que no primeiro foi realizada a fotointerpretação dos aspectos físicos e de uso da área e no segundo, confeccionou-se os mapas temáticos, bem como realizou-se a integração dos mesmos para elaboração do mapa de Susceptibilidade.

3.3.1 Elaboração dos Mapas Temáticos

Para obtenção do mapa final de Susceptibilidade a riscos de enchentes e deslizamentos, houve a necessidade de definir-se os fatores condicionantes, o que foi possível com a elaboração dos mapas temáticos de Solo, Geologia, Geomorfologia, Forma de Encostas, Declividade e Uso da Terra, os quais foram confeccionados utilizando-se mapas já existentes, imagens de satélite, fotografias aéreas e diversos trabalhos de campo. De maneira específica as classes dos mapas foram transferidas para o mapa planialtimétrico e digitalizadas com o software Microstation 95, e posteriormente editados.

3.3.2 Mapa de Susceptibilidade a Deslizamentos e Enchentes

A elaboração deste mapa teve como base o cruzamento de seis mapas temáticos (Solos, Geologia, Geomorfologia, Formas das Encostas, Declividade e Uso da Terra), o que envolveu uma fase teórica para definição dos critérios do cruzamento dos mapas e outra fase operacional para manipulação dos *softwares* e realização do geoprocessamento.

a) Fase Teórica

Nesta fase foi determinada a maneira de realização do cruzamento dos mapas temáticos, ou seja, definidos os valores (pesos) dos elementos da paisagem, bem como suas combinações para definir as classes hierárquicas do Mapa de Susceptibilidade.

A definição das combinações para identificar as áreas susceptíveis aos deslizamentos, foi feita considerando-se os distintos comportamentos dos elementos da paisagem frente às possibilidades de ocorrência destes riscos naturais.

Já as áreas susceptíveis a enchentes foram definidas identificando-se a curva de 5 metros, cota de menor valor obtida nas bases cartográficas utilizadas, e também através de verificações *in loco* com informações fornecidas por moradores das áreas já atingidas.

A combinação dos elementos envolveu uma discussão teórica sobre os critérios adotados, chegando-se à conclusão de que a melhor maneira seria atribuir pesos para as classes de susceptibilidades (quadro 1), e para as diferentes classes dos mapas temáticos (quadros 2, 3, 4, 5, 6, 7).

Quadro 1 - Pesos atribuídos às classes de Susceptibilidade a Deslizamento

SUSCEPTIBILIDADE	PESO
Nula	0
Baixa	1
Moderada	2
Alta	3
Muito Alta	4
Crítica	5

Quadro 2 - Pesos atribuídos às classes do Mapa de Solos

CLASSE	PESO
Indiscriminado de Mangue	0
Glei Pouco Húmico	0
Associação de Podzólico vermelho amarelo + Podzólico Vermelho Escuro	4
Cambissolo Álico	2
Cambissolo Álico + Podzólico vermelho amarelo	3
Litólico Álico, relevo suave e topo plano	1

Quadro 3 - Pesos atribuídos às classes do Mapa Geológico

CLASSE	PESO
Depósito de Planície de Maré	0
Depósito Flúvio-Marinho	0
Depósito de Colúvio	2
Stock	3
Granito	2
Milonito/Cataclasito	4

Quadro 4 - Pesos atribuídos às classes do Mapa Geomorfológico

CLASSE	PESO
Acumulação de Maré	0
Acumulação Flúvio-Marinha	0
Colúvio	2
Dissecação em Outeiro	2
Dissecação em Montanha	4
Dissecação em Patamares	1
Forma Interiormente Deprimida	1
Topo Plano	1

Quadro 5 - Pesos atribuídos às classes do Mapa das Formas das Encostas

CLASSE	PESO
Convexa	2
Côncava	3
Retilínea	4
Escarpada	5

Quadro 6 - Pesos atribuídos às classes do Mapa de Declividade

CLASSE	PESO
0 – 7, 99%	0
8 – 15, 99%	2
16 – 29, 99%	3
30 – 100%	4
> 100%	5

Quadro 7 - Pesos atribuídos às classes do Mapa de Uso da Terra 1998

CLASSE	PESO
Mangue	0
Pastagem	2
Capoeirinha	2
Reflorestamento	0
Mata	0
Uso Especial	0
Loteamento	3
Urbano	4

Além disto atribuiu-se valores de importância entre os mapas a serem cruzados de 0 a 10 (quadro 8), de modo a determinar-se quais os mapas teriam maior peso no momento das combinações e decisões pelo grau de susceptibilidade.

Quadro 8 - Valores de importância atribuídos aos mapas temáticos

MAPAS	VALORES DE IMPORTÂNCIA
Solo	1
Geologia	8
Geomorfologia	4
Forma de Encostas	6
Declividade	10
Uso da Terra	2

Após a definição dos pesos e valores foram realizadas 431 diferentes combinações entre os elementos da paisagem cartografados para efetuar-se o cruzamento ou ser feita à integração entre os mapas temáticos de dois a dois via técnicas de geoprocessamento.

b) Fase Operacional

Após a definição das combinações dos elementos da paisagem e estabelecidas as regras para o cruzamento dos mapas temáticos, utilizou-se o *software microstation GEOGRAPHICS* com seus aplicativos, funcionando como um gerenciador de *SIG*, o qual foi conectado ao software *ACCESS* (banco de dados) para identificação das áreas susceptíveis aos deslizamentos. Primeiramente houve a inserção de centróides (identificadores de polígonos para associação ao banco de dados) em todos os polígonos (áreas fechadas) de cada classe dos mapas temáticos a serem cruzados.

Com o *software ACCESS* foram criadas tabelas correspondentes às classes temáticas de cada mapa a ser cruzado, sendo que as informações de cada mapa temático foram transferidas para suas respectivas tabelas, onde os centróides foram associados aos seus polígonos correspondentes. Após a devida associação dos mapas temáticos com suas respectivas tabelas ao banco de dados deu-se início ao cruzamento dos mapas (figura 1), feitos dois a dois conforme as possibilidades do *microstation GEOGRAPHICS*.

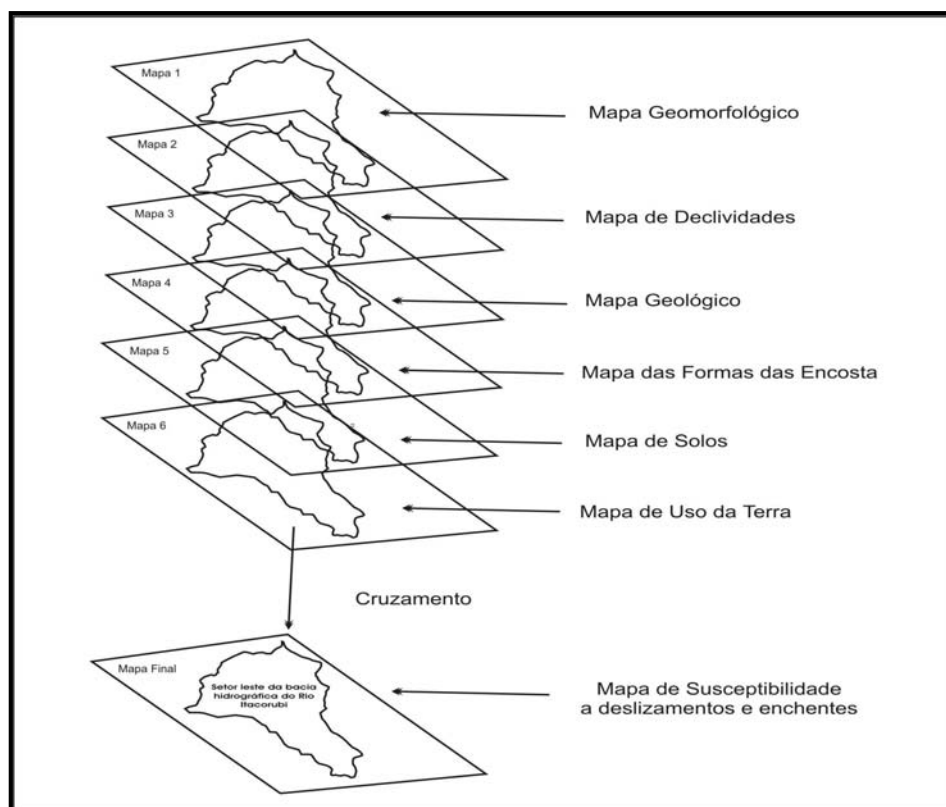



Figura 1 - Cruzamento dos mapas temáticos realizado para elaboração do Mapa de Susceptibilidade a deslizamentos e enchentes.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto à ocorrência de enchentes podem ser observadas na área de pesquisa, pelas ocupações urbanas instaladas tanto na planície de inundação do Rio Itacorubi, quanto nas áreas de baixa encosta, onde a urbanização também se encontra nas áreas marginais dos principais canais fluviais com maior possibilidade de ser atingida.

As áreas consideradas como de baixas susceptibilidades as enchentes, correspondem ao local do Mangue do Itacorubi e nas áreas que se encontram com altitude superior aos 5 metros localizadas na planície Flúvio-Marinha margeando as encostas. Já as áreas consideradas como de altas susceptibilidades, se encontram delimitadas entre a Planície de Maré e a Planície Flúvio-Marinha, com altitudes inferiores aos 5 metros, devido à existência de fatores condicionantes a ocorrência das enchentes no local.

Deste modo, salienta-se, que devido à intensa urbanização junto às margens fluviais locais, durante os episódios pluviais intensos são freqüentes as ocorrências de enchentes, salvo o setor da planície onde se encontra o Mangue do Itacorubi, que é uma APP e de baixa susceptibilidade a enchente pela presença da vegetação do mangue.

Ainda, conforme informações obtidas junto aos moradores locais, o fator que causa maiores problemas na área, são as chuvas intensas e de curta duração, como a que

ocorreu no dia 02 de fevereiro de 2000, na qual choveu cerca de 143,8 mm em apenas 12 horas, sendo que as principais áreas atingidas foram o Parque São Jorge no bairro Itacorubi e o Jardim Anchieta no bairro Santa Mônica, conforme pode-se observar na figura 2.

Figura 2. Bairro Santa Mônica atingido pelas enchentes ocorridas em 02 de fevereiro de 2000 (Fonte: Jornal Diário Catarinense)

Quanto à análise dos deslizamentos, pode se destacar sua importância, principalmente por ser uma proposta a fim de evitar prováveis acidentes, considerando-se que no município de Florianópolis, vários locais já foram atingidos por deslizamentos, em decorrência de episódios pluvias intensos, como os de 1989, 1990, 1993, 1995 e 1998.

Herrmann *et al* (2001) referindo-se aos poucos registros de deslizamentos no Estado de SC, salienta que eles estão associados aos episódios que causam enchentes, e que na maioria são verificados ao longo das rodovias e quando não provocam acidentes graves, não são citados nem nos arquivos da DEDC[3]-SC e nem pelos meios de comunicação.

Segundo Guerra (1989) os deslizamentos são deslocamentos de solo sobre um embasamento saturado de água, processo que depende de vários fatores, entre os quais estão: a inclinação das vertentes, a quantidade e freqüência das precipitações, da presença ou não da vegetação e da consolidação do material, acrescentando-se aos fatores coloca-se ação humana que pode acelerar os deslizamentos com a utilização de forma inapropriada.

Quanto à aceleração dos deslizamentos causada por fatores antrópicos, citado por Guerra (1989), coincide com a preocupação da pesquisa, pois a área apresenta problemas

[3] DEDC: Diretoria Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina

ocasionados pela forte pressão urbana sobre locais com fragilidades ambientais e que podem estar sujeitos aos deslizamentos, como pode-se observar na figura 3.

Figura 3. Ocupações de encostas no norte da área de pesquisa, causando desmatamento e cortes de terra, proporcionando instabilizações no terreno.

O mapeamento das áreas susceptíveis a deslizamentos contendo, de forma hierárquica, as diferentes classes de risco, constitui um importante instrumento para prevenção de acidentes, pois possibilita o planejamento e o direcionamento das ocupações humanas para locais adequados, o que contribui para sejam evitados os problemas mencionados anteriormente e que poderão ocorrer na área de pesquisa, é que elaborou-se o mapeamento das áreas susceptíveis a riscos de deslizamentos conforme o mapa 2.

Com as informações verificadas no mapa de susceptibilidade, pode-se estabelecer as seguintes considerações, principalmente sobre as classes de alta, muito alta e cítrica susceptibilidade a deslizamentos, as quais representam as áreas de maiores fragilidades.

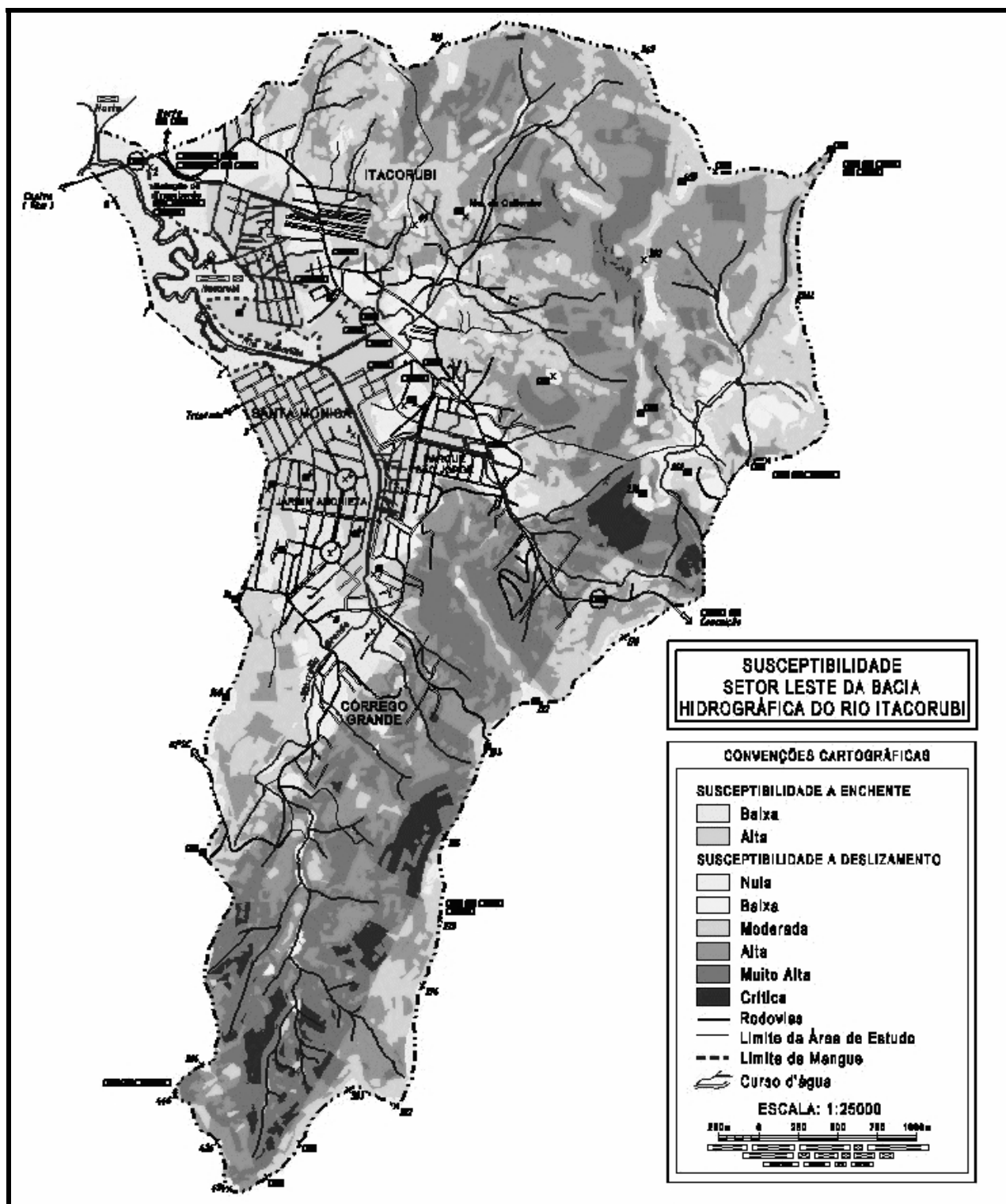
A alta susceptibilidade corresponde às áreas com declividades acentuadas, predominando entre 16 – 29% e 30 – 100%, com modelados de dissecação em DO[4] e DM[5], sendo que o DO proporciona alta susceptibilidade devido à presença do milonito-cataclasito, que favorece o intemperismo e a instabilização do terreno, e o DM eleva a susceptibilidade das áreas de granito, pelo relevo montanhoso favorecendo a ação da gravidade e alta velocidade do escoamento superficial.

[4] DO: Dissecação em Outeiro (Referindo-se a geomorfologia)
[5] DM: Dissecação em Montanha (Referindo-se a geomorfologia)

Nas áreas com susceptibilidade alta, as encostas possuem formas côncavas e convexas, e até retilíneas em alguns locais, as quais mesmo apresentando cobertura vegetal protegendo o solo, são locais que apresentam perigo e exigem critérios para ocupação, estando em conformidade com o Plano Diretor Municipal que as considera como APP[6].

A susceptibilidade muito alta refere-se as áreas onde existe a combinação da forma do relevo com dissecação em DM e a alta declividade predominando entre 30 e 100%, as encostas com formas côncavas, retilíneas e escarpadas, o que favorece a ocorrência dos movimentos de massa, pelo aumento da velocidade do escoamento superficial da água e do poder erosivo na movimentação de materiais superficiais.

A susceptibilidade crítica equivale às áreas restritas com dissecação em DM e declividade muito acentuada, que chegam a mais de 100%, associadas às formas das encostas retilíneas e escarpadas, possibilitando alto poder erosivo do escoamento superficial da água, que pode ter como conseqüência os movimentos de massa. Outro fator que torna as áreas de susceptibilidade crítica, é a combinação com milonito-cataclasito, que possuem intensa intemperização, sendo locais que devem estar protegidos pela vegetação arbórea impreterivelmente, conforme recomenda a Legislação Ambiental Municipal.

[6] APP: Áreas de Preservação Permanente

Mapa 2. Susceptibilidade a deslizamentos e enchentes no setor leste da bacia hidrográfica do Rio Itacorubi (Cristo/julho de 2002).

5. CONCLUSÃO

De maneira geral, a metodologia adotada foi importante para o conhecimento da realidade local, como pode-se verificar que áreas susceptíveis a deslizamentos, onde o risco é praticamente inexistente (susceptibilidade nula, baixa e sujeitas a enchentes),

perfazem apenas 28,82% do total da área de estudo. Sendo que os locais que apresentam os maiores perigos de deslizamentos (susceptibilidade alta, muito alta e crítica), somam 51,66% do total da área de estudo.

As informações obtidas chamam a atenção para a gravidade da situação que envolve o setor leste da bacia hidrográfica do Rio Itacorubi, e reforçam as recomendações para que sejam feitos mais estudos que orientem a tomada imediata de medidas de fiscalização e restrição à expansão urbana de forma desordenada, tanto nas áreas de planície junto às margens fluviais, quanto nas áreas de médias e altas encostas.

Deste modo, pode-se evidenciar que existe uma série de fatores condicionantes para ocorrência de movimentos de massa, principalmente nos locais onde existem as combinações de altas declividades, encostas retilíneas e escarpadas com a presença de milonitos/cataclasito recortados por diques de diabásios. Além desses condicionantes naturais, destaca-se a interferência antrópica, que por meio de ações destruidoras, como os desmatamentos e as ocupações de encostas com cortes de terra, favorecem a instabilização do terreno.

As ocupações de encostas, mesmo que estejam localizadas em áreas de média encosta, devem ser evitadas para o uso residencial, pois são locais que apresentam altas susceptibilidades a deslizamentos, principalmente por estarem inseridas no modelado de dissecação em montanhas com altas declividades, onde o relevo exige grandes alterações do ambiente para ocupação humana e construções das edificações e aquisição de infra-estrutura.

Também pode-se observar que os locais de susceptibilidades alta, muito alta e crítica a deslizamento, ainda não apresentam ocupação humana intensa, porém, são visíveis os sinais do avanço das urbanizações em suas direções, o que evidencia a necessidade de que sejam tomadas medidas urgentes com a implementação de ações corretivas e principalmente preventivas pelos Órgãos Públicos competentes.

Salienta-se também que as ações corretivas seriam apenas para melhoria das condições de ocupações já instaladas nos locais inapropriados, e que as preventivas seriam as mais importantes buscando a contenção da expansão urbana e orientando as ocupações para os locais apropriados, sem que haja exposição da população as situações de riscos ou de susceptibilidades, tanto de deslizamentos como de enchentes.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, J. A. R. Perigos Geológicos, Cartografia Geotécnica e Proteção Civil. *In:* 3 º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. **Anais.** Florianópolis, 1998.

CASTRO (org.). **Política Nacional de Defesa Civil - PNDC**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 1997. 94p.

CERRI, L. S.; AMARAL, C. P. Riscos Geológicos In: **Geologia de Engenharia.** São Paulo: ABGE - Associação Brasileira de Geologia e Engenharia, 1998. p. 301-310.

CORDEIRO, A. Enchente: Soluções Antigas e Modernas. In: **REVISTA DYNAMIS.** Blumenau: FURB, vol. 1, Universidade Regional de Blumenau, 1992. 35p.

CRISTO, S. S. V. **O estudo de risco ambiental na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria – RS.** Santa Maria: Monografia de Especialização em Interpretação de Imagens Orbitais e Suborbitais, CCR, UFSM, 2001. 61p.

CUNHA, M. A. (Coord.). **Manual de Ocupações de Encostas.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT, 1991. 216 p.

DIAS, F. P. **Análise da susceptibilidade a deslizamentos no bairro Saco Grande, Florianópolis – SC.** Florianópolis: UFSC, Dissertação de Mestrado em Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. 96p.

GUERRA, A. T. **Dicionário Geológico Geomorfológico.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 7ª ed. 1989. 446p.

HERRMANN, M. L. P. *et al*. **Levantamento dos Desastres Naturais causados pelas Adversidades Climáticas no estado de Santa Catarina. Período de 1980 a 2000.** Florianópolis: IOESC, 1ª ed. 2001. 94p.

HERRMANN, M. L. P. **Problemas Geoambientais na Faixa Central do Litoral Catarinense. São Paulo:** USP, Tese de Doutorado em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 1999. 307p.

OLIVEIRA. R. C. K. A. A problemática das Enchentes e o Planejamento Urbano. ***In:*** **Geografia. Notas e Resenhas.** São Paulo: Rio Claro, n.24, vol.2, 1999. p. 67-73.

ROBAINA L. E. S. et al. Uso do Solo e Dinâmica ee Conflitos, na bacia do Rio dos Sinos – municípios de Novo Hamburgo, Campo Bom e São Leopoldo. In: **Ciência & Natura.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, vol.21, 1999. p.119 – 137.

DINÂMICA DOS SISTEMAS FÍSICO-NATURAIS E SUA IMPORTÂNCIA PARA A DEFINIÇÃO DE ÁREAS DE RISCO

EDNA LINDAURA LUIZ[1]

Depto. de Geografia[1]
Universidade do Extremo Sul Catarinense
Av. Universitária, 1105, Bairro Universitário – Criciúma/SC
elinluiz@uol.com.br

LUIZ, E. L. Dinâmica dos sistemas físico-naturais e sua importância para a definição de áreas de risco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 368-378. (CD-ROM)

RESUMO
Os fenômenos naturais que desencadeiam riscos para a ocupação humana fazem parte da dinâmica dos ambientes da superfície da Terra. A paisagem não é estática, contudo, o desconhecimento desta dinâmica provoca a ocupação de áreas mais susceptíveis a mudanças por causa da entrada de matéria e energia ao sistema, as áreas de risco. Tais mudanças dependem da magnitude e freqüência dos eventos naturais. O homem também pode criar o risco em áreas que não apresentavam problemas, através por exemplo, da realização de cortes nas encostas que aumentam sua declividade e sua susceptibidade em sofrer deslizamentos. Pesquisas básicas sobre a identificação e o funcionamento dos sistemas naturais podem tornar os mapeamentos de risco mais eficientes.
Palavras-chave: riscos geoambientais, processos erosivos, dinâmica de sistemas físico-naturais, ocupação de áreas de risco.

ABSTRACT
The natural phenomena that caused risks for the human occupation are part of the natural system dynamics. The landscape is not static, however, the ignorance of this dynamics provokes the occupation of areas more vulnerables to changes during the input of the matter and energy. That areas are the natural hazard sites. Such changes depend on the magnitude and frequency of the natural events. The man can also create the risk in areas that didn't have problems, for exemple: the accomplishment of cuts in the hillsides that increase the inclination angle and consequently the susceptible to landslides. Basic researches on the identification and on the dynamic of the natural systems can improve the acurace of the hazard prediction maps.
Key-words: hazards, erosive processes, dynamics of the natural systems, occupation of hazards sites.

1. INTRODUÇÃO

Fenômenos como deslizamentos, enchentes, enxurradas, furacões, entre outros, são comuns e fazem parte da geodinâmica superficial da terra. Os sistemas físicos - naturais, em diferentes escalas, apresentam um funcionamento que os fazem evoluir e mudar ao longo do tempo através da ocorrência de determinados eventos. Tais mudanças podem ser resultado de eventos de baixa magnitude, mas de ocorrência comum, ou seja, baixa magnitude e alta freqüência, ou eventos violentos e de ocorrência pouco comum, ou seja, alta magnitude e baixa freqüência. Desta forma, um evento de precipitação é comum em um sistema de bacia hidrográfica situado em um clima úmido. Este evento pode provocar um aumento da vazão dos rios, porém sem que o fluxo ultrapasse os limites das margens do leito normal, contudo, este *input* de matéria (água e sedimentos) no canal produz modificações no sistema, como o transporte de sedimentos ao longo das encostas e do

canal e a criação ou mudança de bancos de depósitos de sedimentos no interior destes canais. Estas mudanças estão sempre ocorrendo neste ambiente, porém eventos de precipitações excepcionais podem trazer modificações muito maiores, inclusive com modificações na forma dos canais e ocupação dos leitos maiores dos rios (planícies de inundação).

Todo sistema físico – natural apresenta uma dinâmica, como uma encosta, uma planície, uma bacia hidrográfica, etc. Alguns deles possuem uma dinâmica mais intensa do que outros, como é o caso de um ambiente litorâneo de um campo de dunas móveis que se modifica a partir do *input* freqüente do vento ou de uma praia arenosa submetida à ressacas intensas a cada inverno, como é o caso daquelas localizadas no sul do país. A questão levantada neste trabalho é a de que a ocupação humana dos ambientes naturais tende a considerá-los como estáveis ao longo do tempo, pois são criadas estruturas e padrões de ocupação que não levam em conta a dinâmica subjacente a cada sistema natural. Esta maneira de perceber os sistemas físico – naturais, como feições cristalizadas na paisagem, muitas vezes, cria o risco de perdas materiais e de vidas humanas. A partir da perspectiva da dinâmica dos sistemas naturais será discutido, neste trabalho, a ocupação humana de áreas de risco.

2. OBJETIVOS

Discutir a ocupação humana de áreas de risco a partir do conhecimento da estrutura e dinâmica do sistemas físico - naturais.

3. METODOLOGIA

A discussão será encaminhada a partir de pesquisa bibliográfica e análise de casos levantados pela autora e encontrados em artigos científicos.

4. OS SISTEMAS NATURAIS E A CONCEPÇÃO DO RISCO

Em determinadas áreas, fenômenos da geodinâmica superficial (deslizamentos, enchentes, ventos fortes, etc.) podem ocorrer de forma intensa e freqüente e não constituir riscos, pois não há nenhuma ocupação humana no local. Entretanto, se houver algum tipo de ocupação por moradias, lavouras ou qualquer obra de infra-estrutura, o fenômeno natural poderá provocar um acidente com perdas e danos econômicos e até com vítimas fatais. Desta forma, o evento natural constitui um risco quando provoca um acidente (COOKE E DOORNKAMP, 1990). A partir disto, tem-se a definição de risco adotada neste trabalho:

RISCO: Ocorrência de fenômenos geológicos, geomorfológicos ou atmosféricos que causam dano, perigo ou perda ao homem e/ou à sua propriedade (adaptado de CARRARA, 1984 *apud* COOKE e DOORNKAMP, 1990).

Antes de qualquer avaliação de risco em um determinado lugar é necessário se conhecer sobre os processos naturais que ali ocorrem, ou seja, risco de ocorrência de qual fenômeno? Por exemplo: Guimarães (2000) e Fernandes *et al.* (2001) apresentam um mapa de riscos específico para um determinado tipo de fenômeno, o qual é: deslizamento planar raso que ocorre em ambiente montanhoso. Castro (2002) e Luiz (2003) elaboraram um estudo detalhado dos casos de erosão que ocorrem em determinadas áreas de relevo cristalino e que estão sendo submetidas à ocupação urbana recente, enquanto Salomão (1994) realizou um inventário dos processos erosivos que se desenvolvem nas áreas de solos derivados de arenitos do Grupo Bauru na região de Bauru, em São Paulo. Estes estudos, entre outros, demonstram a necessidade de pesquisa de base específica de cada ambiente para que se possa entender os fenômenos naturais que os tornam vulneráveis a eventos de risco. Sabe-se que este tipo de estudo demanda tempo e recursos que só podem ser bancados no país, atualmente, por instituições públicas, como universidade e centros de pesquisa, porém sem este conhecimento, uma avaliação de risco não terá uma acurácia aceitável.

5. OS SISTEMAS FÍSICO - NATURAIS E SEU FUNCIONAMENTO

Os parâmetros de individualização de sistemas físico – naturais (unidades de paisagem) e a escala de abordagem dos estudos também é um aspecto importante na definição de áreas de risco, ou seja, a definição e o tamanho do sistema natural a ser analisado. Pasuto e Solati (1999) trabalharam com o reconhecimento de áreas de riscos a deslizamentos através da definição de unidades de paisagem, usando critérios de forma, geologia, solos, etc. Montgomery e Dietrich (1994) construíram um modelo de susceptibilidade a deslizamentos rasos a partir do controle topográfico, ou seja, da forma do relevo. Peixoto *et al.* (1989) observaram que anfiteatros na região de Bananal, São Paulo, eram as unidades de paisagem mais susceptíveis de toda a área em desenvolver voçorocamentos. Esta susceptibilidade de anfiteatros sofrerem processos erosivos é citada também por Montgomery *et al.* (1991) para a região costeira da Califórnia, que inclusive, detectaram que os deslizamentos que ocorrem nos anfiteatros são recorrentes ao longo da história daquele ambiente. Outras unidades de paisagem passíveis de serem áreas de risco à

ocupação humana são: fundo de vales fechados, planícies fluviais, grotões em encostas, encostas com alta declividade, sopé de altas montanhas, entre outras.

As unidades de paisagem podem ser consideradas as estruturas do sistema, mas é o seu funcionamento que gerará os riscos para a ocupação. Tal funcionamento ocorrerá através do *input* de matéria e energia ao sistema, como as precipitações, os ventos, as ondas do mar na praia, o degelo da primavera nas áreas periglaciais, entre outros. Os aspectos mais importantes do funcionamento do sistema quando se pensa em termos de riscos potenciais são: a magnitude e a freqüência do *input* de matéria e energia para o sistema, como quantidade, duração e intensidade da chuva ou a velocidade do vento, por exemplo. A entrada de matéria de energia pode ultrapassar certos limiares do sistema e mudar a sua estrutura. Mas, qual será a quantidade de energia e/ou matéria que vai vencer os limiares do sistema? É difícil estimar este parâmetro, contudo em alguns lugares, existem pesquisas que dão alguma indicação, como a de Guidicini e Iwasa (1976) que procuraram estimar a quantidade e a duração das precipitações capazes de desencadear deslizamentos no ambiente das encostas da serra do Mar, no sudeste do Brasil. Outro aspecto que deve ser levantado é o lugar da estrutura do sistema que será mais atingido por este *input*.

Eventos de baixa magnitude e alta freqüência fazem os sistemas funcionarem sem grandes modificações estruturais em curto espaço de tempo, muitas vezes sem serem percebidas no tempo da vida humana. Por outro lado, os eventos que causam danos, perdas materiais e de vidas são aqueles de alta magnitude que causam modificações estruturais rápidas aos sistemas (nas unidades de paisagem), constituindo os riscos naturais. A freqüência destes eventos pode ser baixa ou alta, como foi colocado anteriormente, pois certos ambientes naturais mudam muito rápido, ou seja, possuem uma dinâmica muito intensa, entre outros exemplos deste tipo de sistema, pode-se citar um campo de dunas móveis.

Outros ambientes apresentam freqüência de ocorrência de eventos de alta magnitude baixa, como é o caso do ambiente das encostas e sopé da Serra Geral (borda do planalto meridional) nos municípios de Timbé do Sul e Jacinto Machado/SC que sofreu deslizamentos, corridas de terra e enchentes em dezembro de 1995, desencadeados pelo *input* de precipitações excepcionais concentradas em poucas horas (PELLERIN *et al.* 1996, 1997, 2002). Neste evento, cursos de rios foram modificados por depósitos ou por erosão, o solo nas encostas foi erodido e transportado deixando a rocha pouco alterada exposta, a vegetação foi devastada, entre outros. Os habitantes que vivem neste lugar disseram que nem eles e nem seus antepassados haviam presenciado um episódio semelhante a este antes, porém a ocupação efetiva do lugar ocorreu somente há cerca de

130 anos atrás, sendo que anteriormente a região era ocupada por índios que não deixaram registros históricos acerca deste ambiente. Entretanto, vários depósitos de leques aluviais na planície ao pé da serra com diferentes graus de alteração, alguns inclusive já muito alterados e formando solos bem desenvolvidos, documentam este tipo de evento como recorrente ao longo da história evolutiva desta paisagem (PONTELLI, 1998). Outro exemplo de evento com intervalo de recorrência longo que pode ser citado foi a ocorrência de precipitações intensas no semi-árido brasileiro no início de outono deste ano (2004), atingindo muitas pessoas que viviam em leitos de rios secos já há muito tempo.

Os casos citados ilustram a necessidade de se conhecer a dinâmica dos ambientes, pois certos eventos do seu funcionamento podem apresentar intervalos de recorrência muito longos. Para isso se faz muito importante a pesquisa básica, a fim de se obter a freqüência e a magnitude dos eventos que podem constituir riscos para a ocupação humana.

6. AS INTERVENÇÕES HUMANAS NOS SISTEMAS NATURAIS

As modificações introduzidas nos sistemas naturais pelo homem podem criar uma situação de risco que naturalmente não existia. Cortes na encosta aumentam a sua declividade e aumentam o valor da tensão cisalhante no jogo de forças que mantém os materiais (solos, manto de alteração, colúvios, blocos de rochas) estáveis em superfície inclinada. Este é o caso também da colocação de aterros e construções sobre a encosta. As mudanças citadas aumentam o risco de ocorrência de deslizamentos. Outro sistema natural muito alterado pelo homem é a bacia hidrográfica e, em especial, o traçado e a profundidade de canais. A retificação e o aprofundamento dos canais fluviais levam a ajustes do sistema que, muitas vezes, não são previstos pelo homem, podendo provocar alterações longe do lugar onde foi realizada a intervenção. A retificação do canal fluvial pode levar ao aumento da velocidade do fluxo e por isso passa a ser maior o seu poder de erosão e transporte de sedimentos, com possibilidade de erosão das margens e das cabeceiras do rio principal e afluentes, caso o *input* de chuva seja significativo. Praias arenosas com trocas de sedimentos com o campo de dunas adjacente são outro ambiente muito ocupado e modificado pelo homem. A principal modificação é a retirada ou o isolamento das dunas, o que dificulta ou impede o balanço de sedimentos entre praia e duna, levando ao risco de erosão da orla em momentos de ressaca do mar.

Os processos que determinam a ocupação são ditados pela lógica da sociedade e não pelo funcionamento dos sistemas naturais, além da ocupação ser pensada em termos do cenário atual.

7. AMBIENTES DE RISCO À OCUPAÇÃO HUMANA

Algumas partes dos sistemas físico – naturais são áreas de risco para a ocupação humana, pois são as mais susceptíveis de sofrer modificações a partir da entrada de matéria e energia. Em climas úmidos e até semi-áridos, alguns lugares que podem ser identificados como áreas de risco:

► cabeceiras de drenagem (anfiteatros, grotões) – risco de deslizamentos e enxurradas;

► margens de rios – risco de solapamento da base (desmoronamento);

► planícies fluvial ou costeira – risco de inundações e deposição de sedimentos;

► encostas íngremes – risco de deslizamentos e enxurradas;

► fundos de vales encaixados com significativas áreas de contribuição a montante – risco de enxurradas e erosão das margens;

► sopé de serras e escarpas – risco de enxurradas, deslizamentos, corridas de terra, deposição de sedimentos;

► entre outros.

A seguir são apresentadas algumas fotos de problemas em áreas de risco no município de São Pedro de Alcântara – SC. Tais problemas são função da dinâmica natural do sistema bacia hidrográfica e do sistema encosta, mas também existem intervenções humanas que aumentam os riscos para a ocupação, como pode ser visualizado nas fotos.

Foto 1 - Feição erosiva em área urbana (município de São Pedro de Alcântara – SC) causada pelo corte da base da encosta feito pelo proprietário para aterrar a planície fluvial adjacente. O proprietário pretende abrir um loteamento nas margens do rio, o qual já apresentou transbordamento e inundação da planície. Notar que a erosão se desenvolveu seguindo a área côncava inscrita na encosta. (Foto José Luís B. Gardenal – jan./2000).

Foto 2 - Feição erosiva em área urbana (município de São Pedro de Alcântara – SC). A sua origem faz parte da dinâmica natural da área. (Foto José Luís B. Gardenal – jan. /2000).

Foto 3 - corte de encosta apresentando rupturas (deslizamentos) nas bancadas feitas para diminuir a inclinação - área urbana (município de São Pedro de Alcântara – SC). Notar que a ruptura ocorreu no material diferenciado (alteração de veios quartzo- feldspáticos). (Foto José Luís B. Gardenal – jan. /2000).

Foto 4 - Ruptura das margens do rio Maruim em momento de vazão aumentada por causa de chuvas excepcionais (município de São Pedro de Alcântara – SC). As chuvas intensas ocorreram nas cabeceiras e não neste local de ocorrência da erosão, pois o que provocou o fenômeno foi a maior vazão do rio alimentada pela grande área de contribuição a montante do local afetado. Isto mostra a importância do conhecimento do funcionamento do sistema para se estimar uma área de risco. (Foto Heloísa P. Pôssas – Jan./1999).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do funcionamento dos sistemas físico - naturais é de fundamental importância para o reconhecimento e mapeamento de áreas de risco à ocupação humana. Mapas de risco sem este tipo de levantamento não apresentam a validade que precisam ter para evitar os problemas de perdas materiais e de vida humanas. O desconhecimento do ambiente e de sua dinâmica, muita vezes, levam à criação do risco quando ele é ocupado e modificado pela ação humana, risco que naturalmente não existia.

Não é possível pensar as unidades de paisagem como estáticas ao longo do tempo, é preciso conhecer os processos naturais que atuam aí, principalmente sua magnitude e freqüência. Para tanto, é necessário mais pesquisa básica de reconhecimento e acompanhamento da dinâmica dos sistemas físico –naturais.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, C. M. de. **Mapeamento e classificação de feições erosivas canalizadas e movimentos de massa em cabeceiras de drenagem em anfiteatro, Barra Mansa (RJ):** critérios para a avaliação de riscos geomorfológicos urbanos. 2002. 54 p. Monografia de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

COOKE, R. U.; DOORNKAMP, J. C. **Geomorphology in environmental management**. Oxford: Claredon Press, 1990, 410 p.

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. *et al*. Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n°. 1, p. 51 – 71, 2001.

GUIDICINI, G.; IWASA, O. Y. **Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamento em meio tropical úmido**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, 1976. 48 p. (Publicação IPT 1080).

GUIMARÃES, R. F. **A modelagem matemática na avaliação de áreas de risco a deslizamentos**: o exemplo das bacias dos rios Quitite e Papagaio (RJ). 2000 Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

LUIZ, E. L. **Influência da dinâmica hidrológica e das características das formações superficiais nos mecanismos de rupturas de encostas com rochas granitóides de áreas subtropicais – São Pedro de alcântara/SC.** 2003. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

MONTGOMERY, D. R.; DIETRICH, W. E. A physically based model for the topographic control on shallow landsliding. **Water Resources Research**, v. 30, n°. 4, p. 1153 – 1171, 1994

MONTGOMERY, D. R.; WRIGHT, R. H.; BOOTH, T. Debris flow hazard mitigation for colluvium – filled swales. **Bulletin of the Association of Engineering Geologists**, v. 28, n° 3, p. 303 – 323, 1991.

PASUTO, A.; SOLDATI, M. The use of landslide units in geomorphological mapping: na exemple in the Italian Dolomites. **Geomorphology**, n°. 30, p. 53 – 64, 1999.

PEIXOTO, M. N. O.; MOURA, J. R. S.; SILVA, T. M. Morfometria de cabeceiras de drenagem em anfiteatro e a retomada erosiva por voçorocamento – Bananal (SP). In.: III

SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 1989, Nova Friburgo. **Anais...**, Nova Friburgo, 1989, v. 2, p. 149 – 174.

PELLERIN, J.; DUARTE, G. M.; SCHEIBE, L. F.; MENDONÇA, M.; BUSS, M. D.; MONTEIRO, M. A. Timbé do Sul – Jacinto Machado: avaliação preliminar da extensão da catástrofe de 23 – 24/12/95. **Revista Geosul**, Florianópolis, v. 12, nº. 23, p. 71 – 83, 1997.

PELLERIN, J.; GAMA, A. M. C.; NASCIMENTO, E. E. D..J. *et. al*. Zoneamento e efeitos morfodinâmicos da enxurrada do dia 23/12/1995 nas bacias dos rios Figueira e Pinheirinho - SC. **Revista Sociedade e Natureza,** Uberlândia, v. 8, nº.15, p. 196 - 200, 1996. (Anais do I Simpósio Nacional de Geomorfologia, Uberlândia, 1996).

PELLERIN, J.; OLIVEIRA, M. A. T; SCHEIBE, L. F. *et al*. Les crues et laves torrentielles catastrophiques du 23 décembre 1995 dans l'État de Santa Catarina (Brésil subtropical). **Geomorphologie:** relief, processus, environnement, nº. 1, p. 51 – 60, 2002.

PONTELLI, M. E. **Cartografia das Alterações em Depósitos de Leques Aluviais como Base para uma Estratigrafia Relativa, Bacias dos Rios Amola Faca e Rocinha, Timbé do Sul – SC.** 1998. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

SALOMÃO, F. X. de T. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP):** regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural. 1994, 200 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - Universidade de São Paulo. São Paulo.

DIAGNÓSTICO DA OCUPAÇÃO DE ENCOSTAS DO MACIÇO CENTRAL DO MORRO DA CRUZ - FLORIANÓPOLIS – SC

CLEICE EDINARA HÜBNER[1]
MARIANE ALVES DAL SANTO[1]
FRANCISCO HENRIQUE DE OLIVEIRA[1]

1Laboratório de Geoprocessamento – GEOLAB
Centro de Ciências da Educação FAED
Universidade do Estado de Santa Catarina –UDESC
Rua Deodoro, 265 – 3º and. Sl. 43 – Centro
88010-020 – Florianópolis – SC
hcleice@hotmail.com; marianedalsanto@udesc.br; chicoliver@yahoo.com.br

HÜBNER, C. E.; DAL SANTO, M. A. D.; OLIVEIRA, F. H. Diagnóstico da ocupação de encostas do maciço central do Morro da Cruz – Florianópolis – SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 379-391. (CD-ROM)

RESUMO
A partir da década de 70, inicia-se uma acentuada ocupação do Maciço Central do Morro da Cruz/Florianópolis/SC. Essa ocupação se dá de maneira irregular, principalmente pela população de baixa renda, em áreas inadequadas à ocupação do meio, acarretando no desequilíbrio ambiental e em graves problemas sociais associados ao espaço urbano. A proposta do trabalho foi a realização de um diagnóstico atualizado das áreas de ocupação irregular na área de estudo, tendo como metodologia a geração de produtos cartográficos no Sistema de Informação Geográfica Geomedia Professional 5.1 e no Sistema de Processamento de Informações Geográficas - SPRING 3.6. Através dos mapas temáticos gerados, verificou-se uma grande ocupação de áreas de risco ambiental, o que revela uma situação bastante preocupante, pois os impactos causados pela urbanização de encostas podem resultar em deslizamentos durante episódios pluviais intensos. Os riscos são evidentes e somente frente a estes é que se pode convencer o poder público, os técnicos e a população da necessidade da adoção de medidas preventivas aos problemas decorrentes do processo de ocupação.
Palavras-chave: ocupação irregular, degradação ambiental, sistema de informação geográfica.

ABSTRACT
From the 70's decade begins a strong occupation of Maciço Central do Morro da Cruz/Florianópolis/SC. This occupation happens in irregular way, strongly for the low income population, in inadequate areas of occupation, causing an ambiental disequilibrium and serious social problems associates to urban area. The proposal of the work was the diagnosis accomplishments for irregular occupation areas, using a specific methodology for generate cartographic products through Geographic Information System (Geomedia Professional 5,1), and the System of Processing Geographic Information – (SPRING 3.6). With the results of thematic maps, it was verified occupations in areas of ambiental risk, which brings up problems for urban planning. Therefore, the impacts caused for urbanization of hillsides, results in frequent land slides during intense pluvial episodes. Only in front of accidents it is possible to convince public power, technician and population about the necessity such problems preventions.
Key-words: irregular occupation, environment degradation, geographic information system.

1. INTRODUÇÃO

O Maciço Central do Morro da Cruz consiste num grande morro de granito disposto no sentido norte-sul, na parte central do lado oeste da Ilha de Santa de Catarina (Figura 01), com cerca de 5 Km de comprimento e em torno de 800 m de largura, sendo sua altitude máxima de 292 metros. Os assentamentos que atualmente ocupam o Maciço Central do Morro da Cruz são: Morro do Mocotó, Morro da Caixa da D'Água, Penhasco,

Pedra do Paraíso, Tico-Tico, Chapecó, Morro do Céu, Serrinha, Carvoeira, Caireira da Vila Operária, Horácio, Mariquinha, Nova Descoberta, além de parte dos bairros do Centro, Prainha, José Mendes, Saco dos Limões, Trindade, Agronômica e Pedra Grande. Por apresentar-se como um limite natural à expansão horizontal do Centro de Florianópolis, durante muitos anos a ocupação do mesmo se deu de forma isolada e posteriormente junto aos caminhos que o circundavam em todo o contorno. Entretanto este limite não foi suficiente para conter a expansão do centro, devido à sua proximidade a tudo que o complexo urbano oferece.

A população de baixa renda foi pioneira nesta ocupação, pois pessoas mais abastadas não se submetiam a viver no Morro, que ainda não dispunha de infra-estrutura básica. Mesmo assim, estas ocupações ocorreram nas áreas mais favoráveis da encosta. Somente no fim da década de 70 é que as áreas de maior altitude e declividade começaram a ser ocupadas, mas num processo bastante rápido, acompanhado também pelo adensamento dos bairros existentes, principalmente aquelas voltadas para oeste, ou seja, o Centro. Recentemente, pessoas de alta renda procuram se estabelecer no Morro, devido à paisagem que dele se pode vislumbrar, e este é um fator preocupante, devido ao modo como são lançados as ruas e lotes, pelo porte dos aterros e pela falta de conhecimentos técnicos necessários. No entanto, grande parte da população do Maciço é de baixa renda, residem em pequenas e precárias casas, em áreas de altas declividades, caracterizadas pela falta de elementos básicos de infra-estrutura, como sistema viário, saneamento e de recolhimento regular de lixo junto aos domicílios, entre outros.

O processo acelerado de ocupação irregular favorece o desequilíbrio ambiental e provoca conseqüências agravantes ao espaço urbano. A falta de permeabilidade do solo, a retirada da vegetação nas encostas, a implantação de edificações nos cursos d'água e declividades acentuadas acarretam em graves problemas de deslizamentos durante episódios pluviais intensos. Os riscos são evidentes e somente frente a estes é que se pode convencer o poder público, os técnicos e a população da necessidade da adoção de medidas preventivas aos problemas decorrentes do processo de ocupação.

Sob estas condições, o trabalho tem como proposta a realização de um diagnóstico atualizado das áreas de ocupação irregular no Maciço Central do Morro da Cruz, tendo como metodologia a geração de produtos cartográficos no Sistema de Informação Geográfica Geomedia Professional 5.1 e no Sistema de Processamento de Informações Geográficas - SPRING 3.6. Os mapas temáticos gerados são ferramentas de extrema importância e de fácil compreensão, tanto para as autoridades competentes que necessitam

de materiais cartográficos para a tomada de decisão, como para a população leiga em geral.

Neste contexto, a ferramenta SIG associada às imagens de alta resolução e a cartografia digital, permite aos planejadores executarem questionamentos inteligentes ao sistema, simulando eventuais tendências a deslizamentos e visualizar as encostas ocupadas irregularmente. Portanto, o desenvolvimento deste trabalho serve de apoio fundamental à tomada de decisões, permitindo a caracterização espacial de áreas de riscos ou de risco potencial em um nível local de atenção, no sentido de propiciar melhores intervenções tanto para controle como para prevenção, que se revela útil para aqueles que desejam minimizar os problemas de degradação ambiental no Maciço Central do Morro da Cruz. É através de uma gestão urbana eficaz que se pode melhor analisar possíveis impactos ambientais, regularizar e ordenar o uso e ocupação do território. A adequação da ocupação urbana do Maciço Central do Morro da Cruz às diretrizes do Estatuto da (Lei 10.257 de 10/06/2001), minimizará os problemas ambientais e garantirá melhores condições de vida para a população.

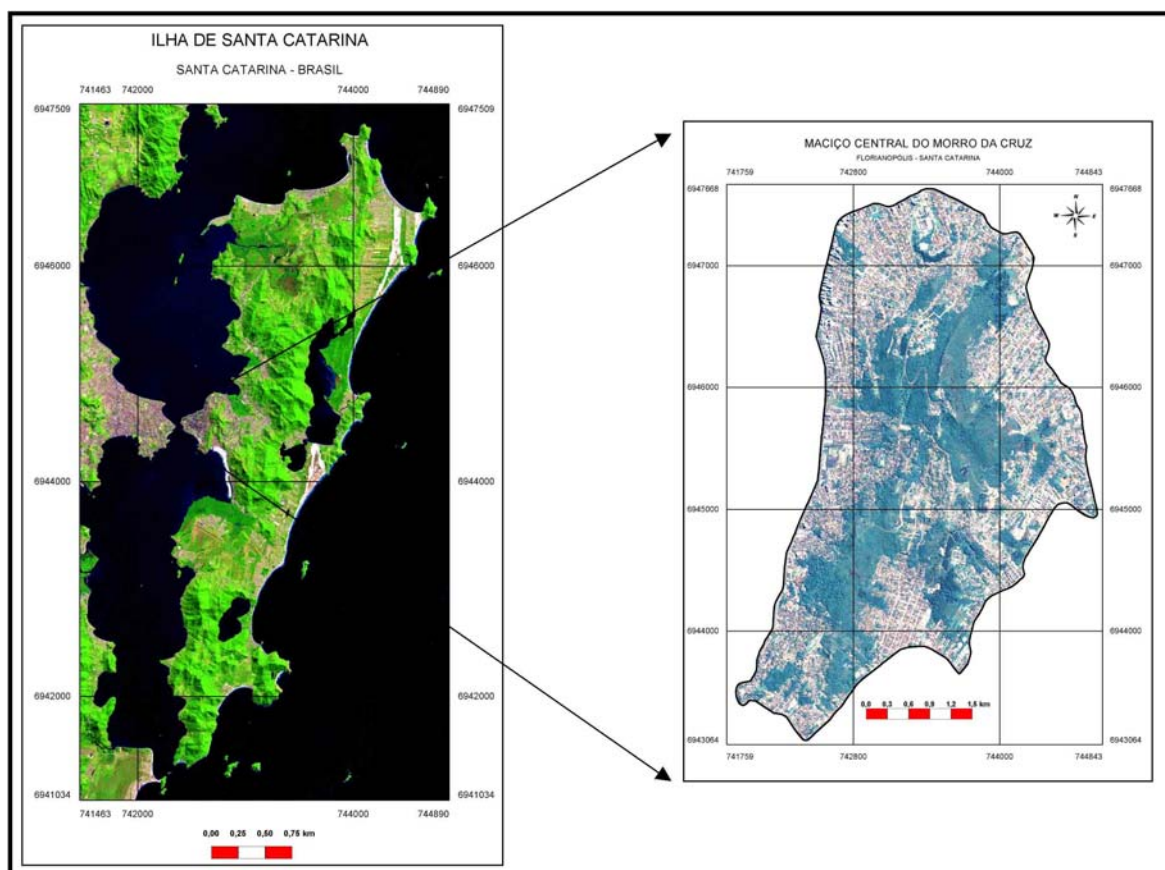



Figura 01 - Localização do Maciço Central do Morro da Cruz na Ilha de Santa Catarina - SC - Brasil.
FONTE: Fonte: Ilha de Santa Catarina (Imagem LANDSAT TM 7 - 2000 - Composição RGB 345 - resolução 30 m) e Maciço Central do Morro da Cruz (Imagem Quick Pack - 2002 - composição RGB 123 - resolução 2.40 m).

2. METODOLOGIA

Através do Sistema de Informação Geográfica (SIG) Geomedia Professional 5.1, produzido pela INTERGRAPH/SISGRAPH e utilizando-se da imagem de satélite Quick Pack (Digital Globe), 2002, resolução 2.40 m e composição RGB 123, foi realizada a digitalização da ocupação urbana do Maciço Central do Morro da Cruz, assim como a digitalização dos limites dos bairros e das áreas definidas pelo Micro-Zoneamento Urbano, tendo como referência o Plano Diretor do Distrito Sede do Município de Florianópolis/SC (Escala 1: 10.000), elaborado pelo Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis - IPUF, 1998.

Através de análises espaciais disponíveis no SIG foi realizada a sobreposição da digitalização da ocupação urbana com o mapa temático do Micro-Zoneamento Urbano da área (Figura 02), de forma que o resultado da análise espacial (Spatial Intersection) mostrasse somente as áreas onde a ocupação urbana que se sobrepõe com as Áreas de Preservação com uso Limitado - APL e com as Áreas de Preservação Permanente – APP (definidas no Micro-Zoneamento Urbano), o que resultou no mapa temático da Ocupação Irregular no Maciço Central do Morro da Cruz (Figura nº 03).

No mapa temático do Micro-Zoneamento Urbano do Maciço Central do Morro da Cruz (Figura 02), definido pelo Plano Diretor do Distrito Sede do Município de Florianópolis/SC (1998), as áreas em verde escuro são as *Áreas de Preservação Permanente (APP)* - aquelas necessárias à preservação dos recursos e paisagens naturais, e à salvaguarda do equilíbrio ecológico; em verde claro são as *Áreas de Preservação com uso Limitado (APL)* - aquelas que pelas características de sua geomorfologia ou cobertura vegetal não apresentam condições de suportar determinadas formas de uso do solo sem prejuízo do equilíbrio ecológico ou da paisagem natural. Na cor lilás, são as *Áreas Comunitárias Institucionais (ACI)* - destinadas aos equipamentos comunitários ou usos institucionais necessários ao bem estar da população; em vermelho são as *Áreas Mistas Centrais (AMC)* - áreas onde predominam atividades comerciais e serviços leves, correspondendo aos centros urbanos e centros de bairro. Em amarelo são *as Áreas Residenciais Exclusivas (ARE)* - destinadas exclusivamente ao uso residencial; em laranja são as *Áreas Residenciais Predominantes (ARP)* - onde o uso residencial é complementado por comércio e serviços vicinais de pequeno porte. Na cor rosa, são as *Áreas Turísticas Residenciais (ATR)* - onde os usos turísticos se mesclam a usos residenciais; em verde florescente são as *Áreas Verdes de Lazer (AVL)* - são espaços ao ar livre, de uso público ou

privado, que se destinam à criação ou à preservação da cobertura vegetal, à prática de atividades de lazer e recreação.

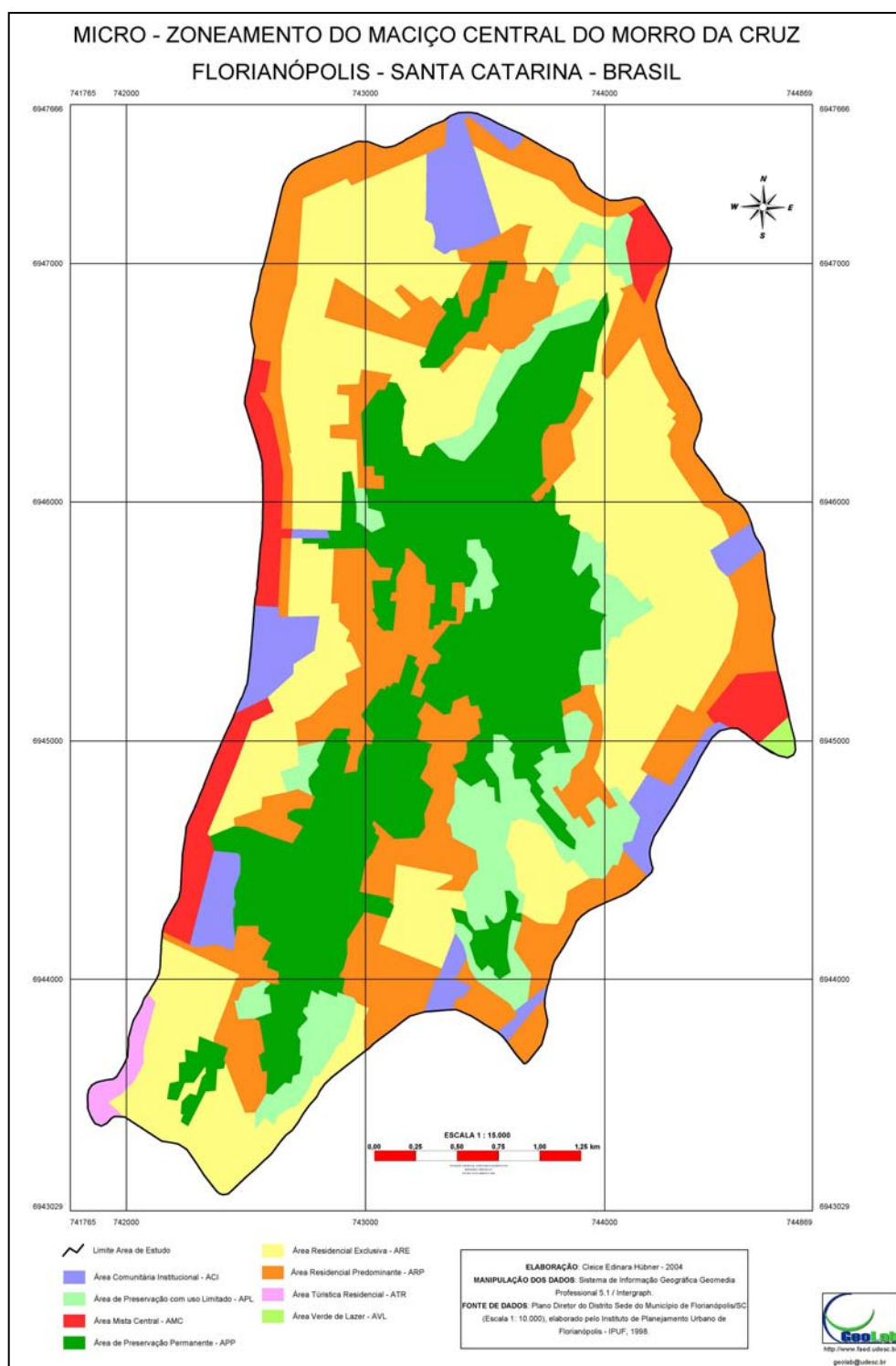



Figura 02 – Mapa do Micro-Zoneamento Urbano do Maciço Central do Morro da Cruz /Florianópolis/SC.

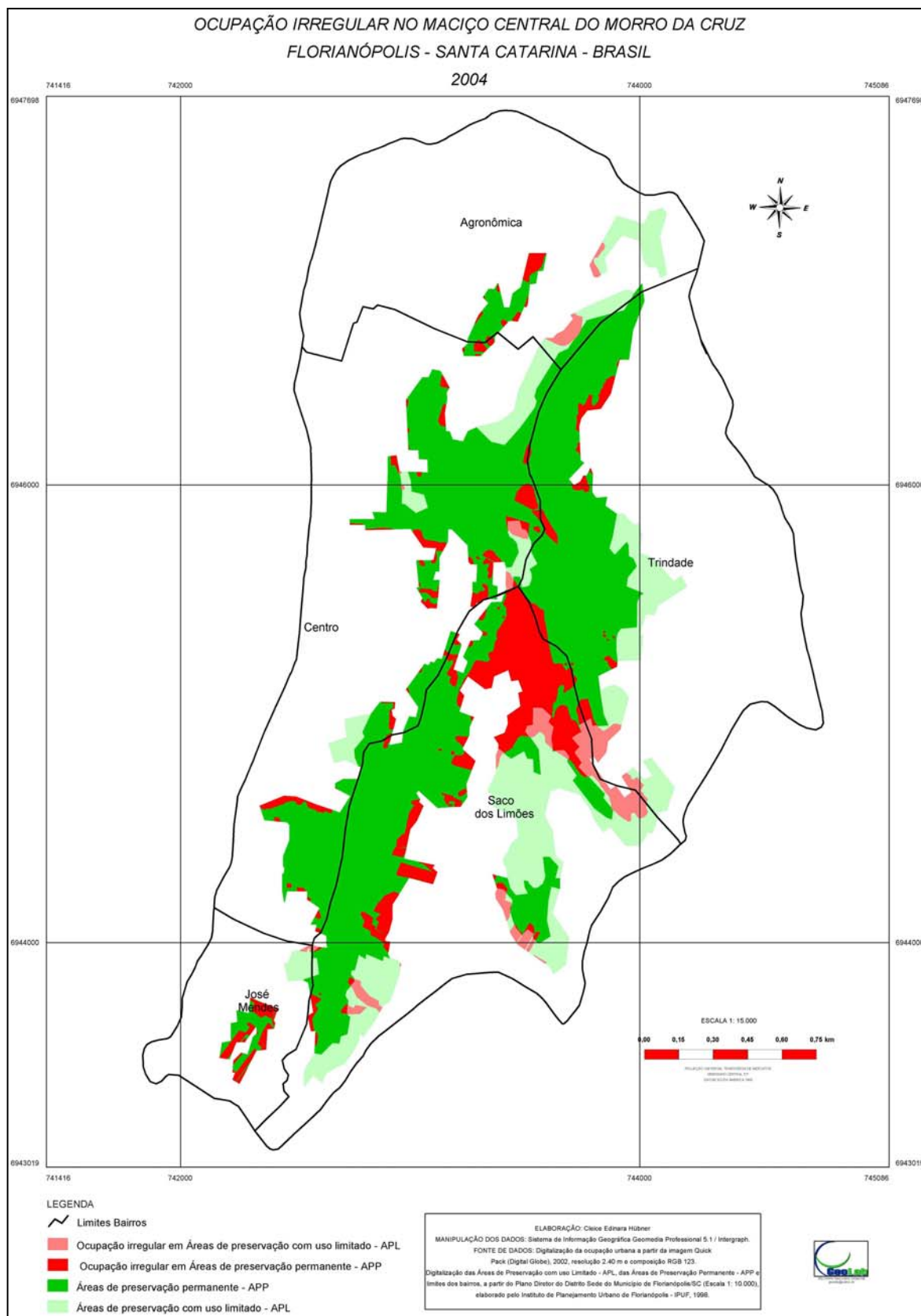



Figura 03 – Mapa da Ocupação Irregular no Maciço Central do Morro da Cruz /Florianópolis/SC.

As áreas em verde escuro no mapa temático da Ocupação Irregular no Maciço Central do Morro da Cruz (Figura 03) são as Áreas de Preservação Permanente – APP; em verde claro são as Áreas de Preservação com uso Limitado (APL); em vermelho são as Áreas de Ocupação Irregular sobre APP e em rosa são as Áreas de Ocupação Irregular sobre APL.

No Sistema de Processamento de Informações Geográficas - SPRING 3.6 desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, foram digitalizadas as curvas de nível da área que compreende o Maciço Central do Morro da Cruz, tendo como referência a Base Cartográfica - Aglomerado Urbano de Florianópolis/SC - Levantamento Aerofotogramétrico - Folhas SG - 22 - Z - D - V - 2 - NE - F (Escala 1:10.000), elaborado pelo Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis - IPUF, 1979. Após a digitalização das curvas de nível foi gerados o mapa hipsométrico e o mapa de declividade da mesma área, em seguida estes documentos cartográficos foram sobrepostos a ocupação urbana (digitalizada na etapa anterior), resultando nos mapas temáticos: Áreas de Ocupação Urbana sobre a Hipsometria do Maciço Central do Morro da Cruz (Figura 04) e Áreas de Ocupação Urbana sobre a Declividade do Maciço Central do Morro da Cruz (Figura 05).

As classes de altimetria definidas para a geração do mapa temático das Áreas de Ocupação Urbana sobre a Hipsometria do Maciço Central do Morro da Cruz (Figura 04) foram as seguintes: 0 a 50 metros (verde), 50 a 100 metros (amarelo-claro), 100 a 150 metros (amarelo), 150 a 200 metros (marrom-claro), 200 a 250 metros (marrom) e 250 a 300 metros (marrom-escuro). Para a geração do mapa temático das Áreas de Ocupação Urbana sobre a Declividade do Maciço Central do Morro da Cruz (Figura 05), foram estabelecidas classes de declividade em porcentagem. Os intervalos adotados são de uso corrente no IPUF, e tem por base uma interpretação do Código Florestal Brasileiro de 1965, que não permite a derrubada de florestas em áreas com inclinação entre 25 e 45 graus (30% a 46,6%). Estes valores correspondem: de 0% a 30% (amarelo-claro) de 30% a 46,6% (amarelo-escuro) de 46,6% a 100% (marrom-claro) e mais de 100% (marrom-escuro). As áreas em vermelho em ambos os mapas, correspondem aos polígonos da ocupação urbana, digitalizada sobre a imagem de satélite de alta resolução.

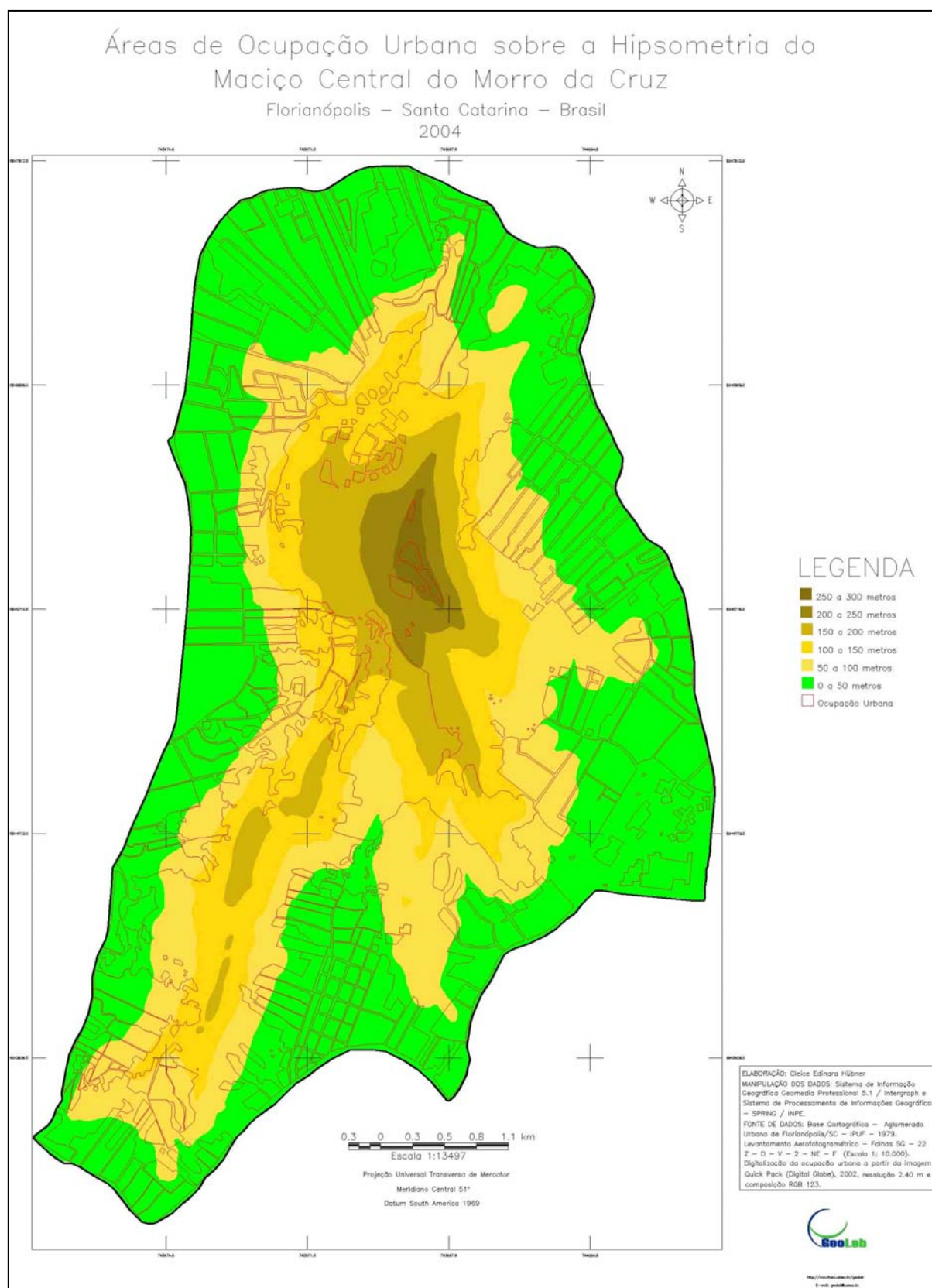



Figura 04 – Mapa das Áreas de Ocupação Urbana sobre a Hipsometria do Maciço Central do Morro da Cruz/Florianópolis/SC.

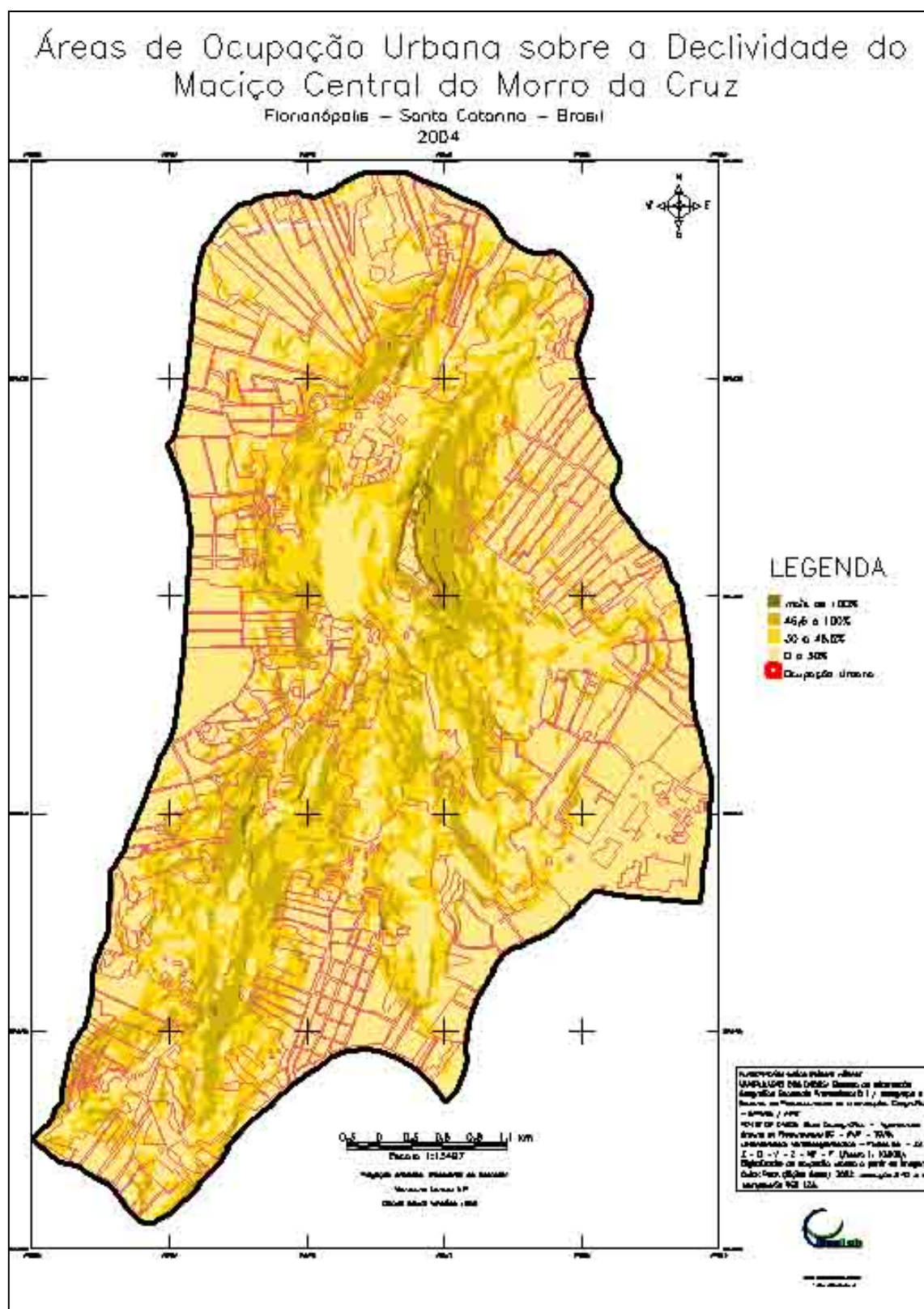



Figura 05 – Mapa das Áreas de Ocupação Urbana sobre a Declividade do Maciço Central do Morro da Cruz/Florianópolis/SC.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Lei Complementar n° 001/97, que dispõe sobre o zoneamento, o uso e a ocupação do solo no Distrito Sede de Florianópolis, defini APP e APL como:

> Art. 21 - *"Áreas de Preservação Permanente (APP) são definidas como aquelas necessárias à preservação dos recursos e das paisagens naturais, e à salvaguarda do equilíbrio ecológico".*
>
> *Art. 22 - "Áreas de Preservação com Uso Limitado (APL) são definidas como aquelas que pelas características de declividade do solo, do tipo de vegetação ou da vulnerabilidade aos fenômenos naturais, não apresentam condições adequadas para suportar determinadas formas de uso do solo sem prejuízo do equilíbrio ecológico ou da paisagem natural".*

Sob estas condições, a ocupação de APP e de APL é irregular e implica em riscos para o ambiente e para a população. No mapa da Ocupação Irregular no Maciço Central do Morro da Cruz (Figura 03), o fato que mais chama atenção é a grande ocupação irregular em área de APP no Bairro Saco dos Limões mais especificamente na comunidade da Caieira do Saco dos Limões, representada no mapa pela maior área em vermelho. A situação é preocupante, pois APP é de extrema importância ecológica e relativamente vulnerável a degradação. No entanto, cresce significativamente a proliferação de casas sem infra-estrutura, pondo em risco muitas famílias.

Conforma a lei supra citada as Áreas de Preservação Permanente (APP) compreendem:

I - topos de morros e linhas de cumeada, considerada como a área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação à base;

II - encostas com declividade igual ou superior a 46,6% (quarenta e seis e seis décimos por cento);

III - mangues e suas áreas de estabilização;

IV - dunas móveis, fixas e semi-fixas;

V - mananciais, considerados como a bacia de drenagem contribuinte, desde as nascentes até as áreas de captação d'água para abastecimento;

VI - faixa marginal de 33,00 m (trinta e três metros) ao longo dos cursos d`água com influência da maré, e de 30,00 m (trinta metros) nos demais;

VII - faixa marginal de 30,00 m (trinta metros) ao longo das lagoas e reservatórios d`água

situados na zona urbana, e de 50,00 (cinqüenta) a 100,00 m (cem metros) para os situados na zona rural, conforme a Resolução CONAMA 004/85;

VIII - fundos de vale e suas faixas sanitárias, conforme exigências da legislação de parcelamento do solo;

IX - praias, costões, promontórios, tômbolos, restingas em formação e ilhas;

X - áreas onde as condições geológicas desaconselham a ocupação;

XI - pousos de aves de arribação protegidos por acordos internacionais assinados pelo Brasil;

XII - (vetado);

XIII - Áreas dos parques florestais, reservas e estações ecológicas.

Nas de Áreas de Preservação com Uso Limitado (APL) são incluídas as áreas onde predominam as declividades entre 30% (trinta por cento) e 46,6% (quarenta e seis e seis décimos por cento), bem como as áreas situadas acima da "cota 100" que já não estejam abrangidas pelas Áreas de Preservação Permanente (APP).

Partindo dos mapas elaborados e das diretrizes dispostas na Lei Complementar n° 001/97 verificasse um descaso total em relação à ocupação de topos de morros, linhas de cumeada, de encostas com declividade igual ou superior a 46,6% (polígonos vermelhos sobre as áreas em amarelo-escuro e marrom-claro - Figura 05) e de áreas situadas acima da "cota 100" (polígonos vermelhos sobre as áreas em amarelo, marrom-claro, marrom e marrom-escuro – Figura 04).

No mapa temático das Áreas de Ocupação Urbana sobre a Declividade do Maciço Central do Morro da Cruz (Figura 05), fica clara a existência de ocupações em áreas com declividade acima de 100% (polígonos vermelhos sobre as áreas em marrom-escuro). Para construir em áreas com declividade maior que 30% são necessários projetos especiais, adaptados à declividade acentuada, o que não acontece nessas áreas que são ocupadas por populações carentes. Na Figura 06, observa-se um exemplo de ocupação de área com alta declividade, com sérios riscos de desabamento.

Figura 06 – Moradia em terreno com alta declividade no Maciço Central do Morro da Cruz/Florianópolis/SC.
Fonte: http://www.cfh.ufsc.br/~laam/macico/fotos2.htm - acesso 30/05/04

Com a urbanização ocorre a impermeabilização da superfície exposta, aumentando o tempo de escoamento e diminuindo o tempo de concentração. Obras viárias e edificações mal implantadas concorrem para formação de terraços e cortes em terrenos de solo de alteração de rocha, aumentando a energia potencial de erosão da água e a impermeabilização dos terraços (REGO NETO; BARROSO, 1998). Sob estas condições, as encostas podem não suportarem a pressão e o resultado do processo será desastroso. Na Figura 07, observa-se um exemplo de corte de terreno que favorece a erosão.

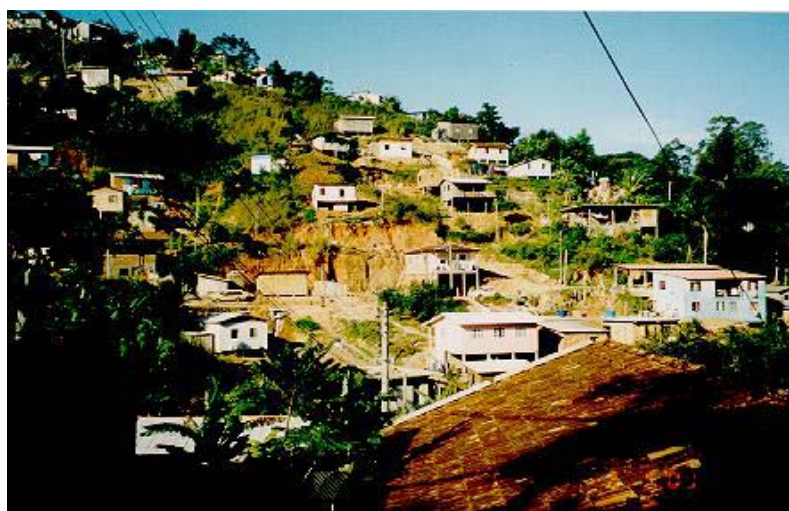



Figura 07 – Moradias sobre cortes de terrenos do Maciço Central do Morro da Cruz/Florianópolis/SC.
Fonte: http://www.cfh.ufsc.br/~laam/macico/fotos2.htm - acesso 30/05/04

Portanto, o Maciço Central do Morro da Cruz necessita urgentemente de um plano de intervenção urbanística, que atenda as diretrizes do Estatuto da Cidade (Lei 10.257 de 10/06/2001), pois a situação atual é preocupante tanto no aspecto de degradação ambiental como no aspecto social.

4. CONCLUSÃO

A ocupação urbana no Maciço Central do Morro da Cruz é densa, irregular e ruma em direção aos valores altimétricos mais elevados. Através do diagnóstico verificasse um descaso total em relação à ocupação de topos de morros, de encostas, de áreas com declividade igual ou superior a 46,6% e de áreas situadas acima da "cota 100". A degradação ambiental e a ocupação de áreas de risco são problemas graves, pois podem resultar em deslizamentos. É necessária uma reformulação do planejamento urbano para o Maciço Central do Morro da Cruz, que atenda às diretrizes do Estatuto da Cidade, que promova medidas de prevenção de desastres naturais para evitar maiores problemas no futuro e principalmente que forneça melhores condições de vida para a população.

É importante ressaltar que o geoprocessamento apresenta-se como ferramenta de apoio aos planos de desenvolvimento de Estados e Municípios, envolvendo aspectos sociais, econômicos e culturais, fornecendo subsídios para agilidade e confiabilidade na execução, controle e avaliação de políticas administrativas, em especial políticas de planejamento urbano.

As geotecnologias têm as melhores respostas para as demandas do desenvolvimento possibilitando o mapeamento digital associado a informações em bancos de dados, imagens de satélite, fotografias aéreas. Mas é de fundamental importância a formação de recursos físicos e humanos, em geotecnologias, para aumentar o controle e melhorar o gerenciamento da Cidade, Estado e País, bem como para apoiar tecnicamente as decisões políticas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, S.; GOMES, J. C**. Urbanização de encostas: a ocupação do Morro da Cruz.** 1992. 376 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

IPUF. **Plano Diretor do Distrito Sede do Município de Florianópolis/SC**. Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. 1998.

REGO NETO, C. B.; BARROSO, J. A. **Morro da Cruz – Florianópolis – SC:: condicionantes geológico-geotécnicos ao uso do solo.** Florianópolis, 1998. 163 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

RODRIGUES, M. Geoprocessamento. In: Anais do 5th. **Encontro Nacional de Engenheiros Cartógrafos,** Presidente Prudente (SP); 1988.

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS HEURÍSTICOS DE MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A ESCORREGAMENTO

EMERSON VIEIRA MARCELINO[1]
ANTONIO ROBERTO FORMAGIO[1]

[1]INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil.
emerson@ltid.inpe.br, formag@ltid.inpe.br

MARCELINO, E. V.; FORMAGGIO, A. R. Análise comparativa entre métodos heurísticos de mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 392-407. (CD-ROM)

RESUMO
O presente trabalho teve como objetivo avaliar e comparar duas técnicas de inferência geográfica, o Método Booleano (MB) e a Média Ponderada (MP), para a obtenção de mapas de áreas susceptíveis a escorregamentos. A área de estudo foi o município de Caraguatatuba, no litoral norte do Estado de São Paulo. Dados ETM+/Landsat-7 e HRV/Spot-4 foram utilizados para realizar o inventário de escorregamentos, que foram utilizados para dar pesos aos diversos parâmetros geoambientais e validar os métodos de mapeamento. A técnica que apresentou melhor resultado para a escala de trabalho (1:100.000) foi a MP com 62% de acerto para a classe Muito Alta, além de ter mostrado maior flexibilidade na integração dos vários planos de informação utilizados. Recomenda-se que tais métodos sejam aplicados e validados em outras regiões do Brasil com características geoambientais distintas.
Palavras-chave: SIG, inferência geográfica, escorregamentos.

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN HEURISTIC METHODS OF LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY AREAS MAPPING

ABSTRACT
The present work aimed to evaluate and compare two techniques of geographical inference, Boolean Method (MB) and Index Overlay Method (MP), in order to obtain landslide susceptibility maps. The study area was the Caraguatatuba county, situated in the north coast of São Paulo State. ETM+/Landsat-7 and HRV/Spot-4 data were used to elaborate the landslide inventory, which were used to wheight several geo-environmental parameters and to validate the mapping methods. MP showed best results at the work scale (1:100.000), with 62% of rightness for the class Very High, besides showning more flexibility in the integration of the information levels used. It is recommended that these methods should be applied and validated in other Brazillian regions with distinct geo-environmental characteristics.
Key-words: GIS, geographical inference techniques, landslides.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os escorregamentos têm ceifado milhares de vidas e ocasionado perdas materiais significativas, principalmente em áreas de relevos íngremes e acidentados ocupadas por moradias de baixa renda. Como exemplo, cita-se o Estado de São Paulo que, devido às suas condições naturais peculiares (extensos maçicos montanhosos) e ao intenso processo de ocupação, tem sido palco de um número significativo de eventos catastróficos de escorregamentos (Cruz, 1974; Wolle, 1988; Augusto Filho, 1994). Segundo Defesa Civil/SP (2003), no período de 1995 a 2002, mais de 2.000 pessoas ficaram desabrigadas e ocorreram 34 vítimas fatais. Moraes (2002) cita que, segundo levantamento realizado pela Defesa Civil/SP e pelo Instituto de Pesquisas

Tecnológicas (IPT), existem atualmente 32,6 mil pessoas vivendo em áreas com risco de escorregamentos em 24 cidades do Vale do Paraíba e do litoral norte paulista.

Em decorrência desta problemática, tanto as instituições governamentais quanto a comunidade científica têm buscado encontrar meios preventivos com o intuito de diminuir os impactos gerados pelos escorregamentos. Augusto Filho (1994) menciona que as ações preventivas podem ser realizadas de modo mais localizado e corretivo, como obras de engenharia para a estabilização de taludes, ou sob enfoque mais extensivo e preventivo, como na elaboração de mapeamentos de áreas propensas a escorregamentos, ordinariamente conhecidos como *mapeamentos de áreas de risco*.

Entretanto, em virtude da complexidade e da dificuldade em realizar mapas de risco de qualidade, tem-se utilizado no Brasil os mapas de susceptibilidade a escorregamentos que, frequentemente, são confundidos com os de risco.

Fernández et al. (1999) definem susceptibilidade como a tendência de um evento futuro ocorrer em uma área específica, podendo ser mensurada a partir da correlação entre os fatores condicionantes e a distribuição de escorregamentos na paisagem. Desta forma, o mapa de susceptibilidade fornece informações que são utilizadas para definir níveis potenciais de ocorrência de escorregamentos para uma determinada área.

Os métodos de mapeamento de áreas susceptíveis à escorregamentos são classificados, basicamente, em três grupos distintos: heurísticos, estatísticos e determinísticos (Westen et al., 1997). O método heurístico é o mais subjetivo dos métodos, uma vez que, para realizá-lo, um especialista decide o tipo e o grau de risco com base em levantamentos de campo e em mapas das características geoambientais do terreno (Carrara et al., 1995; Barredo et al., 2000). O método estatístico tem como princípio básico a existência de interrelações entre os fatores condicionantes de instabilização e a distribuição de escorregamentos antigos e recentes na paisagem. Desta forma, assume-se que os fatores que causaram os escorregamentos em uma determinada área correspondam aos mesmos que poderão gerar escorregamentos futuros em outros locais (Carrara et al., 1995). O método determinístico tem como base os modelos de estabilidade, que levam em consideração informações detalhadas das encostas e são baseados nos princípios de mecânica de solos. Este método, assim como o estatístico, também busca eliminar a subjetividade, quantificando os graus de risco em valores absolutos, através do cálculo do fator de segurança (Terlien et al., 1995).

Westen et al. (1997) citam que as análises conjuntas entre os diversos parâmetros do terreno e a distribuição espacial de escorregamentos foram amplamente facilitadas com o avanço da informática. Surgiram diversos softwares que facilitaram e aprimoraram o

processamento digital de dados geográficos, como por exemplo, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG´s). As ferramentas existentes em um SIG permitem realizar uma série de operações analíticas, com grandes conjuntos de dados e nível de complexidade, que até recentemente eram quase impossíveis de serem realizadas (Carrara et al., 1995). Estas ferramentas de análise, chamadas de *técnicas de inferência geográfica*, permitem a combinação múltipla de mapas com intuito de obter informações diferenciadas e reduzir a ambigüidade dos dados (Bonham-Carter, 1996; Burrough e McDonnell, 1998). Nexte contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar e comparar o desempenho dos métodos booleano e média ponderada para a realização de mapas de áreas susceptíveis a escorregamentos.

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Caraguatatuba (SP) é constituído por diferentes domínios morfoestruturais, apresentando aspectos geomorfológicos bem distintos entre si (Figura 1). Dentre as formas de relevo que se observa nesta região destacam-se as áreas de Planalto, as escarpas da Serra do Mar e a Planície Litorânea.

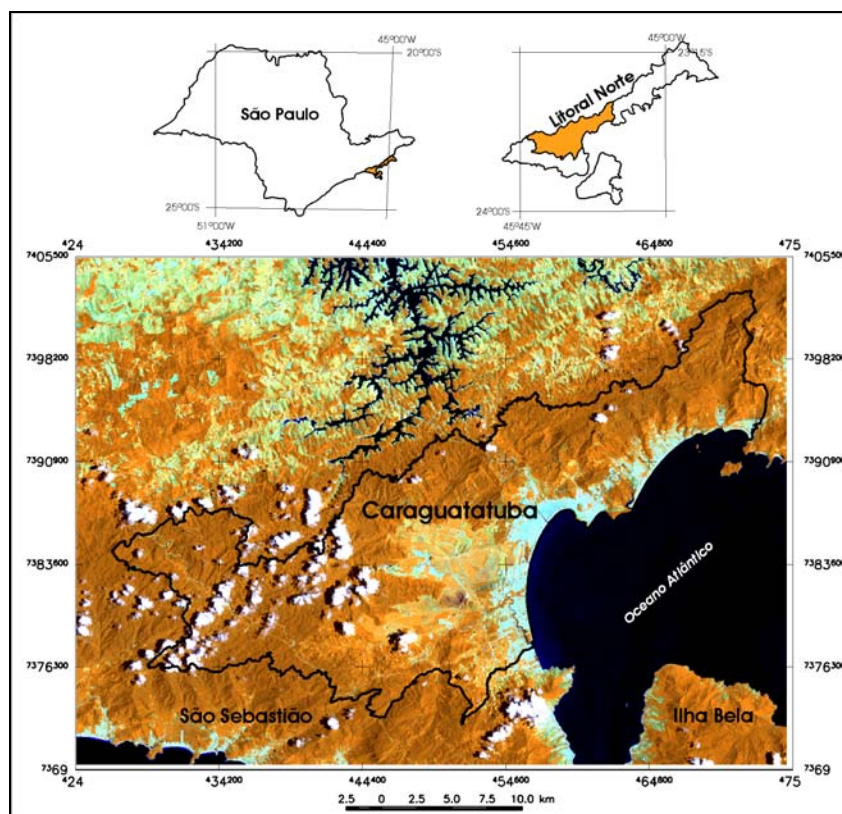



Figura 1 – Localização da área de estudo sobre uma composição colorida 453 ETM+/Landsat.

O *Planalto* é predominantemente caracterizado pela forma mamelonar, que constitui uma topografia piramidal, com topos arredondados, sendo difícil a distinção da linha de cumeada (IPT, 2000). Segundo Cruz (1974), esta área é também caracterizada por grandes amplitudes topográficas existentes entre as serras e as planícies fluviais e baixos terraços. Em função da geologia (granitóides e migmatitos) e do tipo de solo (Latossolo Vermelho e Amarelo), o planalto é marcado pela alta suscetibilidade à erosão por sulcos, ravinas e voçorocas. A cobertura vegetal é dominada pela Mata Atlântica permanecendo ainda bem preservada, principalmente nas encostas mais elevadas e fundos de bacia de recepção (IPT, 2000).

A *Serra do Mar* é a unidade geomorfológica mais expressiva da área de estudo, formada por escarpas que em sua maioria são caracterizadas pela presença de vales fechados, drenagem de alta densidade (padrão paralelo-pinulado) e vertentes com perfis retilíneos, associados aos espigões lineares subparalelos com topos angulosos. A geologia é composta basicamente por granitóides e migmatitos. Dentre os granitóides, verificam-se os gnaisses graníticos e as rochas graníticas em decomposição e com textura variada (IPT, 2000). Segundo Cruz (1974), as rochas ígneas que formam as escarpas da serra possuem alto grau de metamorfismo, sobretudo o gnaisse facoidal, a biotita-gnaisse, o oligoclásio-gnaisse, o leptito e o granulito, intercalados com faixas de migmatitos e maciços graníticos intrusivos. A vegetação que constitui a Serra do Mar pertence ao Bioma Mata Atlântica, subdividida em duas formações florestais principais: mata de encosta, que possui árvores altas com dossel descontínuo; e mata de altitude, que caracteriza-se por ocorrer acima de 1.100 m. A ação antrópica nesta área limita-se às baixas encostas associadas a declividades não tão elevadas (IPT, 2000).

A *Planície Costeira* é formada pela planície marinha e flúvio-marinha. Este tipo de planície é originada por processos litorânos, com a ação construtiva do mar e de rios, formando superfícies aplainadas por agradação. Essas áreas são praticamente planas, com pequenas altitudes e baixa densidade de drenagem. Grande parte desta planície é ocupada por área urbana e pastagem, apresentando alguns fragmentos de vegetação, mangue alterado, restinga, etc (IPT, 2000).

3. TÉCNICAS DE INFERÊNCIA GEOGRÁFICA

Bonham-Carter (1996) comenta que o propósito final da maioria dos projetos de SIG é a combinação de dados espaciais multi-fontes, a fim de analisar e descrever as interações existentes, elaborar modelos preventivos e fornecer suporte às decisões tomadas

por especialistas. Diversas técnicas têm sido elaboradas para a combinação de mapas a partir de dados já existentes, como a Inferência Booleana e a Média Ponderada (Bonham-Carter, 1996).

a) Inferência Booleana

O modelo Booleano, conforme Bonham-Carter (1996), envolve a combinação lógica de mapas binários através de operadores condicionais. Cada mapa utilizado pode ser entendido como um plano de informação (evidência) e a combinação lógica dos diversos planos dá suporte a uma hipótese ou proposição. Esta combinação em um SIG é diretamente análoga à sobreposição de mapas em formato analógico em uma mesa de luz, tradicionalmente empregado nas geociências.

A álgebra booleana, segundo Burrough e McDonnell (1998), utiliza para a integração dos dados os ponderadores lógicos "E", "OU", "Exclusivo OU (XOR)" e "NÃO". O operador "E" é a intersecção de dois ou mais conjuntos de dados, ou seja, as entidades pertencem simultaneamente aos conjuntos A e B. O operador "OU" é a união dos conjuntos, onde serão unidas em um novo conjunto todas as entidades de A e B. O "XOR" recupera as entidades que pertencem a um conjunto e ao outro, mas não aos dois simultaneamente. E o "NÃO" é o operador da diferença que recupera as entidades que pertencem ao conjunto A, mas não ao B.

b) Média Ponderada

Bonham-Carter (1996) menciona que a média ponderada, também conhecida como *Index Overlay*, baseada em relacionamento estatístico ou heurístico, ou seja, os relacionamentos espaciais entre as variáveis podem ser realizados a partir de amostras de uma região experimental, ou a partir de um conjunto de classes com seus limiares definidos por um especialista. Cada mapa de entrada receberá um peso diferente dependendo da importância para com a hipótese considerada. Neste caso, cada PI recebe peso distinto, bem como as suas respectivas classes. Como resultado, tem-se um mapa com áreas que expressam um grau de importância relativa através de valores numéricos de saída. A função matemática é expressa por (Bonham-Carter, 1996):

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_{ij} * W_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}$$

onde, S_{ij} é o peso dado para a classe *j* do plano de informação *i*; *Wi* é o peso do mesmo plano de informação e *n* é o número de planos de informação.

4. METODOLOGIA

4.1. Materiais

Grande parte dos planos de informações (PIs) utilizados no processo de inferência espacial foram extraídos do banco de dados geográficos (BDG) construído por Crepani e Medeiros (2001). Foram utilizados os seguintes PIs do BDG: topografia (curvas de nível 20 m), drenagem, rede viária, geologia (litologias), lineamentos (falhas e fraturas), pedologia (tipos de solos) e uso e cobertura da terra. Além destes parâmetros, outros mais foram extraídos a partir das informações já existentes no BDG, como por exemplo, os mapas hipsométrico, declividade, orientação das encostas e de distâncias (*buffers*).

O inventário de escorregamentos utilizados no processo de definição dos pesos das classes e dos parâmetros utilizados na elaboração dos mapas de susceptibilidade foi realizado por Marcelino (2003). Este autor utilizou imagens ópticas orbitais para identificar as cicatrizes de escorregamentos e gerar o mapa de inventário do município de Caraguatatuba.

Ressalta-se que o processamento de dados geográficos e a elaboração dos mapas dos parâmetros geoambientais e de susceptibilidade a escorregamentos foram realizados no software SPRING 3.6.03 desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

4.2 Modelo Numérico de Terreno (MNT)

Os mapas hipsométrico, declividade e orientação das encostas foram gerados a partir de um MNT dos dados altimétricos (cotas altimétricas e isolinhas com eqüidistâncias de 20 m) extraídos das cartas topográficas. Optou-se pela utilização da grade regular, visto que as amostras da superfície não apresentavam espaçamentos regulares. Em virtude da escala de trabalho (1:100.000) e das curvas de níveis (20 m), determinou-se uma resolução da grade em x e y de 10 m. O interpolador utilizado foi a Média Ponderada por Cota e por Quadrante. Posteriormente, foi realizado um refinamento utilizando o interpolador Bilinear com as mesmas resoluções x e y utilizadas para a grade regular.

a) Mapa Hipsométrico

A partir da cota 100 foram estabelecidas classes com eqüidistâncias de 100 m, com o intuito de correlacioná-las com as cicatrizes de escorregamentos e comparar as classes entre si. Entretanto, abaixo desta cota foram criadas três novas classes (0-20, 20-50 e 50-100 m) com o objetivo de separar as áreas de planície litorânea dos depósitos coluvionais e eluvionais (baixa encosta).

b) Mapa de Declividade

As classes de declividade foram definidas com base na legislação que rege as formas de uso e ocupação territorial e nas características do relevo. Além disso, para o fatiamento das classes, também foram levados em consideração os trabalhos de De Biasi (1992), Augusto Filho (1994) e Dias (2000).

De posse destas informações, foi possível definir os limites e as características mais relevantes de cada classe, conforme mostrado na Tabela 1. A partir do MNT foi gerado o mapa de declividade em porcentagem e realizado o fatiamento do mesmo.

Tabela 1 – Classes de declividade.

Classes (%)	Características
0 – 5 (2,9º)	Áreas favoráveis à ocupação e usos diversos, exceto aquelas definidas como áreas de preservação e com risco de inundação.
5 – 12 (6,8º)	Áreas que apresentam pouca restrição de uso e ocupação, exigindo-se práticas simples de conservação do solo. O limite máximo desta faixa coincide com o limite do emprego da agricultura mecanizada.
12 – 30 (16,7º)	Áreas que devem ser evitadas para fins de ocupação, pois torna-se necessário a adoção de medidas preventivas de riscos geoambientais. A partir desta faixa é necessário realizar cortes e aterros para instalação de edificações. Necessita de medidas complexas de conservação do solo.
30 – 47 (25,2º)	Áreas inadequadas à instalação de edificações e uso agrícola, e limite máximo para corte florestal. Risco de escorregamentos por indução antrópica.
47 – 100 (45º)	Áreas inadequadas a qualquer forma de uso e ocupação do solo, geralmente definidas como áreas de preservação florestal. Risco de escorregamentos naturais.
> 100	Áreas de preservação permanente. Riscos de escorregamentos naturais.

c) Mapa de Orientação das Encostas

Para a elaboração deste mapa de orientação em graus, optou-se por dividir 360º por 8, que corresponde aos pontos cardeias e colaterais. Assim, o fatiamento do MNT foi realizado utilizando as seguintes classes: N (337,5-22,5), NE (22,5-67,5), E (67,5-112,5), SE (112,5-157,5), S (157,5-202,5), SW (202,5-247,5), W (247,5-292,5) e NW (292,5-337,5).

d) Mapas de Distâncias (Buffers)

Um mapa de distâncias consiste na criação de zonas (*buffers*) com larguras específicas (distâncias) em torno de um ou mais elementos do mapa (ponto, linha e área), que servem para determinar a relação de proximidade com um fenômeno (Burrough e McDonnell, 1998). Foram realizados os mapas de distâncias de rios, de estradas e de lineamentos, com as seguintes classes: 0-100m, 100-200m, 200-300m, 300-400m, 400-500m e > 500 m.

4.3 Tabulação Cruzada

A tabulação cruzada foi realizada com o intuito de correlacionar a ocorrência de escorregamentos e os parâmetros geoambientais na área de estudo; realizar a ponderação das classes e PIs de cada parâmetro; e avaliar a precisão dos mapas de susceptibilidades gerados neste trabalho. Conforme inventário realizado por Marcelino (2003), dos 497 escorregamentos levantados, 397 foram utilizados para a ponderação das classes e 100 para a validação dos mapas de susceptibilidade gerados.

A ponderação das classes e dos parâmetros foi realizada em linguagem de programação LEGAL no SPRING. Posteriormente, no formato matricial, os parâmetros foram ponderados e transformados em formato numérico (MNT).

4.4 Elaboração dos Mapas de Susceptibilidade

a) Método Booleano

Inicialmente, todas as classes de cada evidência (PI) são reagrupadas para apenas duas classes: Favorável e Não-favorável. Apesar de ser realizada no SPRING entre PIs no formato matricial, a fim de realizar adaptação inerente ao software utilizado, foi realizado o cruzamento das informações no formato numérico. Assim, as classes favoráveis receberam peso 1 e as classes não favoráveis receberam peso 0. Este ajustamento foi realizado em função da quantidade de escorregamentos por classe. Em seguida, foram somados os PIs e dividido pelo número total dos mesmos. Todo o processo foi realizado em programa LEGAL no SPRING.

Ao final, o MNT apresentou valores entre 0 e 1, sendo que os valores entre 0 e 0,5 foram associados à classe “Não-favorável” e os valores entre 0,51 e 1 associados à classe “Favorável”. Posteriormente, foi gerado o mapa de susceptibilidade booleano no formato matricial e realizada a avaliação utilizando a tabulação cruzada.

b) Método Média Ponderada

Cada parâmetro foi ponderado de acordo com a sua importância relativa. Os pesos dos mesmos foram definidos de modo qualitativo, tendo como base os trabalhos de Dias (2000) e Cristo (2002). Além destes trabalhos, a definição dos pesos levou em consideração a relação entre os escorregamentos e as respectivas classes dos mesmos. Desta forma, foram atribuídos valores que podem variar de 0 a 10 para cada parâmetro geoambiental (Tabela 2). Já os pesos das classes foram obtidos de forma quantitativa em função do número de escorregamentos associados a cada classe. Posteriormente, os dados foram integrados através de uma média ponderada, implementada em um programa LEGAL do software SPRING.

O MNT final foi fatiado utilizando o método Desvio Quartílico. Este método divide a série de dados em quatro grupos com igual número de ocorrências, cada um compreendendo 25% do total de valores. Assim, tendo como base o Desvio Quartílico, foram então definidas quatro classes de susceptibilidade a escorregamentos para o fatiamento do MNT: Muito Alta, Alta, Média e Baixa/Nula. Em seguida, o mapa de susceptibilidade foi gerado no formato matricial e realizada a avaliação utilizando o método da tabulação cruzada.

Tabela 2 – Ponderação dos parâmetros geoambientais.

Plano de informação	Peso
Mapa hipsométrico	4
Mapa de declividade	9
Mapa de orientação de encostas	5
Mapa de distâncias de rios	7
Mapa de distâncias de estradas	8
Mapa de distâncias de lineamentos	7
Mapa geológico	8
Mapa pedológico	3
Mapa de uso e cobertura da terra	6

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Método Booleano

Na Tabela 3, verifica-se que a classe Favorável obteve um acerto de 97%, contra os 3% da classe Não-favorável. Acredita-se que esta correlação deve-se principalmente ao tamanho da classe, visto que a mesma cobre cerca de 70% da área de estudo.

Classes	Área (%)	Escorregamentos
Favorável	70,47	97
Não-favorável	29,53	03

Tabela 3 – Resultado da avaliação do Método Booleano.

Conforme a Figura 2, grande parte da área do planalto foi classificada como favorável à ocorrência de escorregamentos. No entanto, no planalto a probabilidade de ocorrência é baixa, devido ao relevo em morraria, às baixas declividades e às baixas amplitudes altimétricas. Esta generalização excessiva ocorreu em função da mesma importância dada às evidências, ou seja, o fator preponderante na definição das áreas favoráveis foi a presença de cicatrizes nas classes e não a diversidade de parâmetros geoambientais. Outra grande desvantagem deste método foi a rigidez do produto final, que não permite uma hierarquização dos diversos níveis de susceptibilidade.

Dentre as vantagens do método Booleano verificadas na presente pesquisa, cita-se a boa demarcação das áreas não-favoráveis à ocorrência de escorregamentos na planície litorânea e à praticidade e simplicidade na execução do mapeamento.

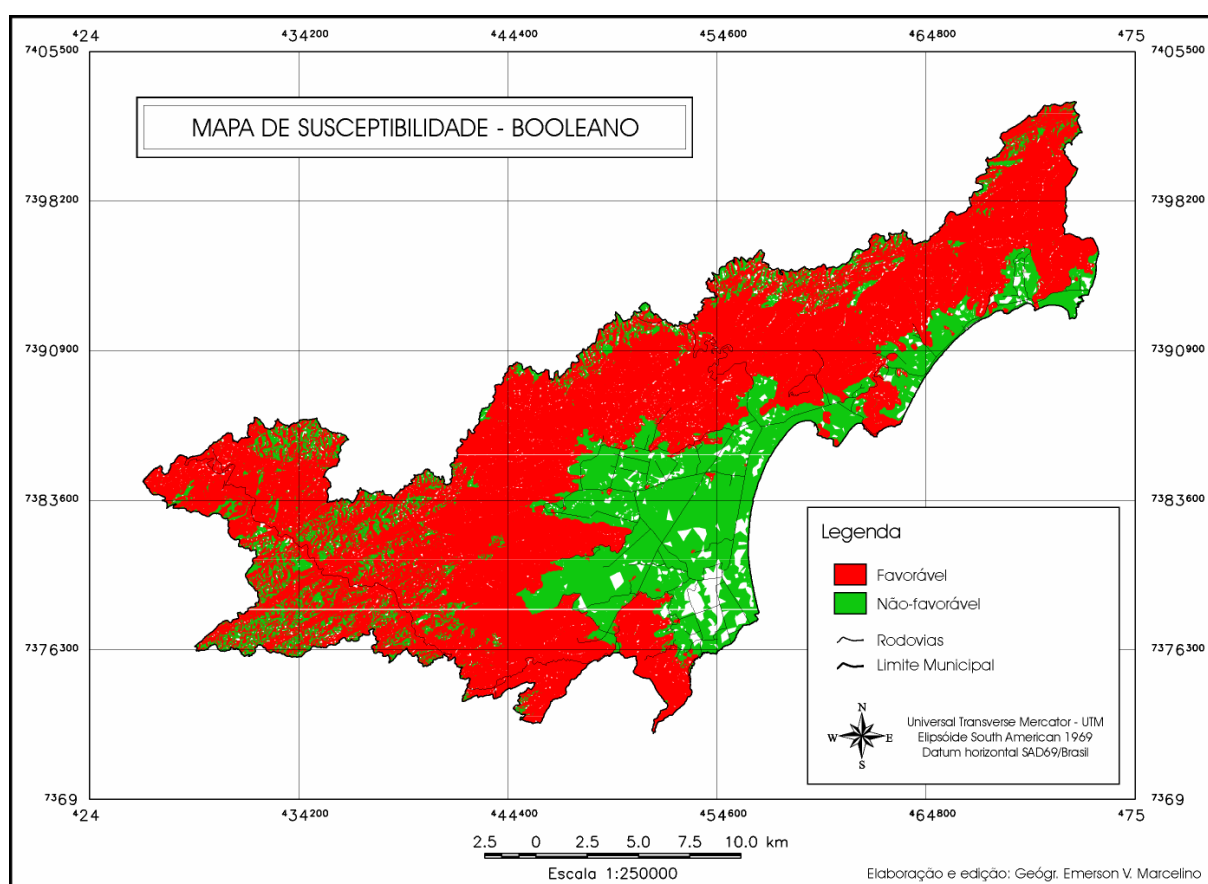



Figura 2 – Mapa de susceptibilidade a escorregamentos – Método Booleano.

É necessário destacar ainda na Figura 2, os diversos polígonos sem informação na planície litorânea. Este problema originou-se na confecção do mapa de orientação de encostas, quando foi necessário o cruzamento deste PI com os demais. A ausência de dados, não permitiu a realização da álgebra de mapas no SPRING, deixando estes polígonos sem qualquer tipo de informação para todos os mapas de susceptibilidade. Entretanto, este problema não veio a comprometer a qualidade dos mapas finais, visto que os polígonos cobrem áreas planas onde a susceptibilidade de escorregamentos é nula.

Burrough e McDonnell (1998) comentam que, apesar de ser um método simples e prático, normalmente não é o mais adequado, visto que aplica às evidências importâncias iguais. O ideal é que as evidências sejam ponderadas em função de suas importâncias relativas. O que não acontece com o método booleano, onde as evidências são tratadas como favoráveis ou não-favoráveis (padrão binário). Moreira (2001) cita que, comparando diversas técnicas de inferência para a predição de áreas com minerais radioativos no Planalto de Poços de Caldas (MG), o método booleano apresentou o segundo pior resultado dentre os métodos avaliados. O autor também menciona a generalização e a rigidez do produto final como desvantagens do método e a praticidade como vantagem.

5.2 Média Ponderada

Esta técnica, de acordo com a Tabela 4, apresentou uma boa correlação para a classe Muito Alta (62%), que cobre 27,21% da área de estudo. Na classe Alta a correlação de escorregamentos caiu para 30%, para uma área similar à da classe Muito Alta. Entretanto, apesar da baixa correlação (4%) da classe Baixa/Nula, esperava-se a ausência total de escorregamentos, visto que o relevo das áreas cobertas por esta classe é predominantemente plano (Figura 3).

Tabela 4 – Resultado da avaliação do método Média Ponderada.

Classes de susceptibilidade	**Área (%)**	**Escorregamentos por classe**
Muito Alta	27,21	62
Alta	30,33	30
Média	22,67	04
Baixa/Nula	19,80	04

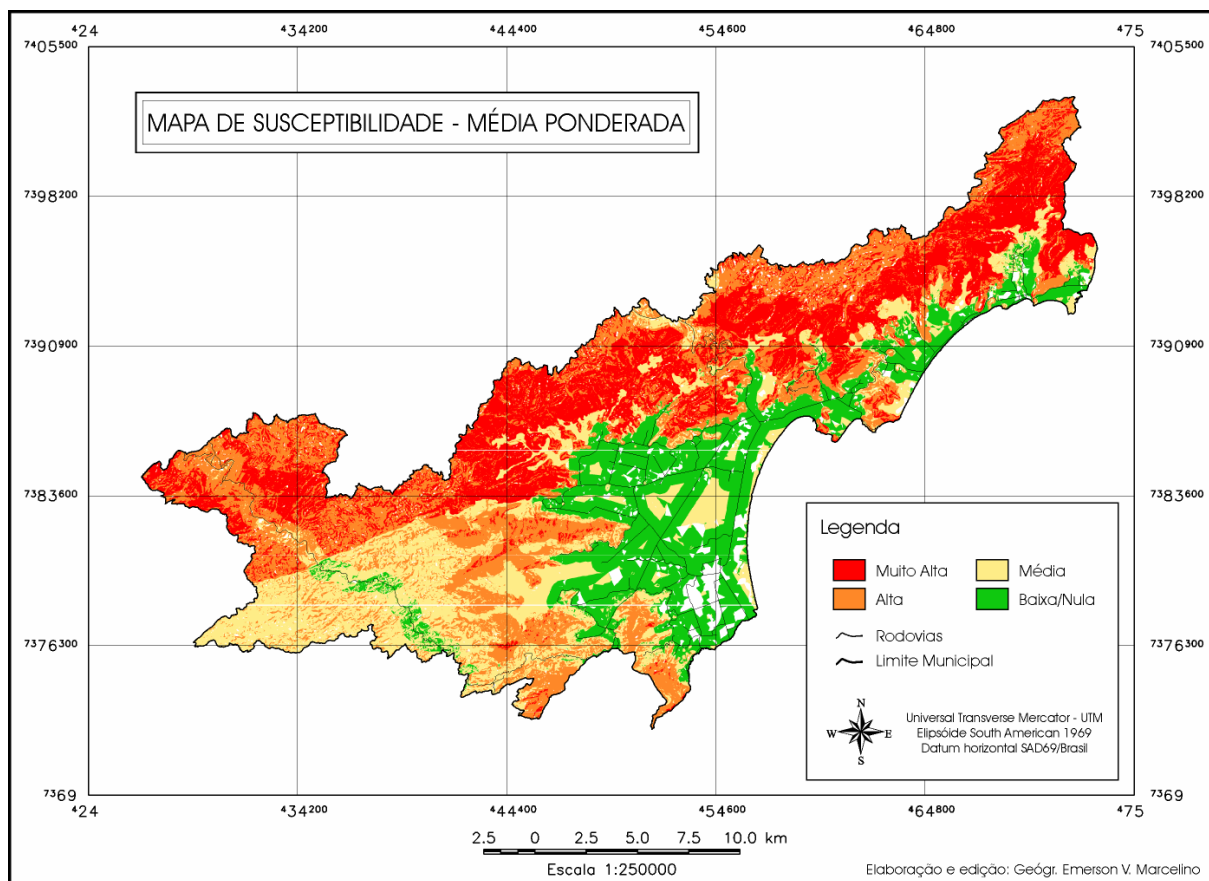



Figura 2 – Mapa de susceptibilidade a escorregamentos – Média Ponderada.

Na Figura 4, é possível notar que, no mapa final de susceptibilidade, diversas áreas na planície litorânea foram classificadas erroneamente. Ao invés de pertencerem à classe Baixa/Nula (cor verde), foram inseridas na classe Média (cor amarela). Nas áreas próximas às encostas também ocorreu o mesmo erro, ou seja, a classe Média adentrou equivocadamente na área de planície.

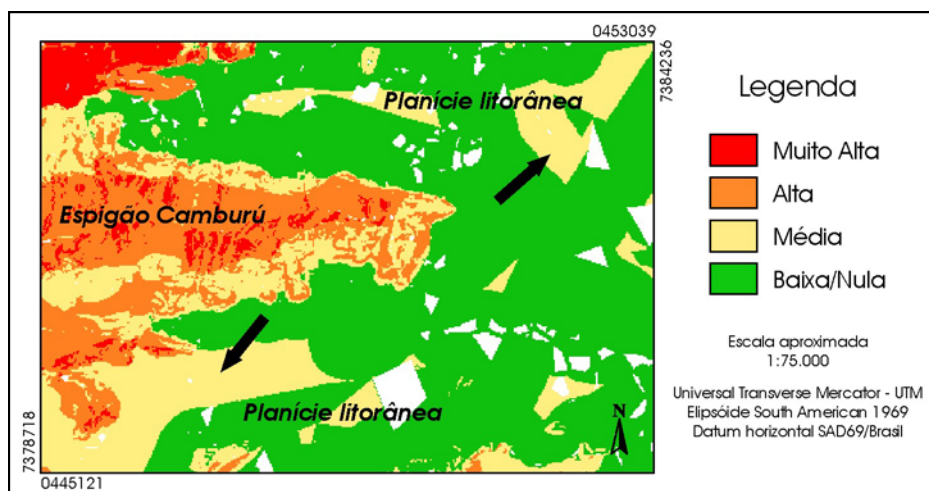



Figura 4 – Áreas classificadas erroneamente (indicadas pelas setas) na planície litorânea.

Destaca-se também a grande quantidade de áreas classificadas como de susceptibilidade média e alta na bacia do rio Santo Antônio (Figura 5). Esta área é marcada pela proximidade com a Rodovia Tamoios, pela elevada declividade e densidade de drenagem, onde freqüetemente ocorrem escorregamentos generalizados. Desta forma, em virtude das condições geoambientais propícias à deflagração de movimentos de massa, acredita-se que esta área deveria ter sido inserida na classe Muito Alta.

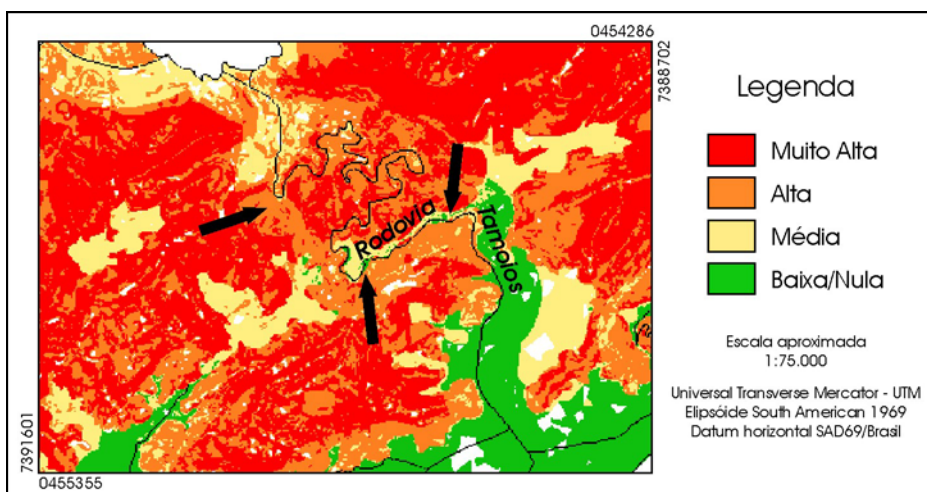



Figura 5 – Áreas classificadas erroneamente (indicadas pelas setas) nas proximidades da Rodovia Tamoios.

Na área de planalto, localizado ao sul de Caraguatatuba, verificou-se também um contato abrupto entre a classe Média e a Alta (Figura 6), que coincide com o contato existente entre os litotipos granitóides e migmatitos. Este mesmo efeito também foi identificado ao longo da estrada que corta o planalto. Supõe-se que estes contatos abruptos foram gerados em função dos elevados pesos dados aos parâmetros geologia e distância de estradas.

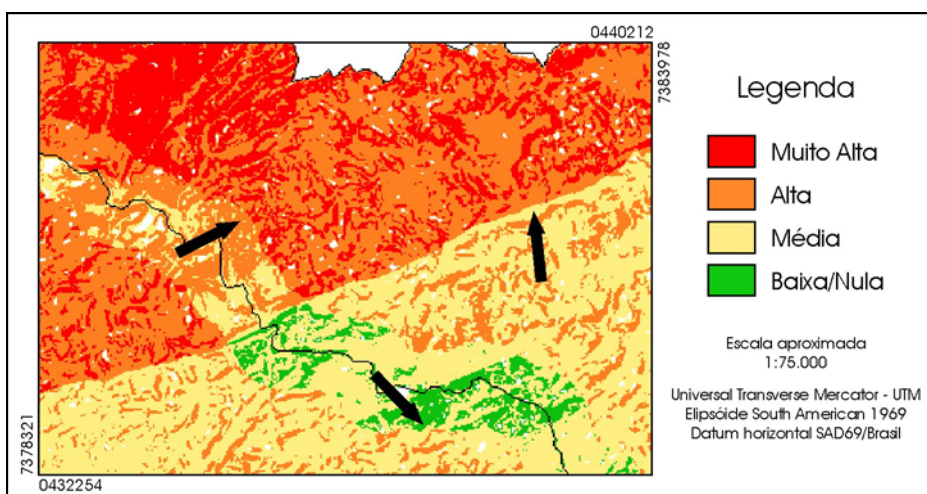



Figura 6 – Áreas classificadas erroneamente (indicadas pelas setas) no planalto.

A grande vantagem deste método, é que o mapa ponderado pode ser ajustado para refletir o julgamento de um especialista ou os pesos estabelecidos com base em dados estatísticos (Bonham-Carter, 1996). A ponderação dos parâmetros, apesar da grande subjetividade, permite graduar relativamente as classes de susceptibilidade, o que favorece a priorização das medidas preventivas e o planejamento das situações de emergência. A maior desvantagem deste método recai provavelmente no caráter linear da ponderação das evidências.

6. CONCLUSÕES

O método Booleano, apesar da sua simplicidade e praticidade, foi o que apresentou os piores resultados em virtude da excessiva generalização das áreas favoráveis à ocorrência de escorregamentos e da rigidez do mapa final. Somente as áreas relativamente planas da planície e do planalto (< 10% de declividade) não foram classificadas como susceptíveis a escorregamentos, ou seja, até áreas onduladas foram classificadas como favoráveis a ocorrência de escorregamentos. O método Média Ponderada foi o que apresentou os melhores resultados, com 62% de acerto para a classe Muito Alta para a escala de trabalho aplicada (1:100.000); além do que, permite uma maior flexibilidade na combinação dos mapas do que o método Booleano. Entretanto, como grande desvantagem, cita-se a excessiva subjetividade presente na determinação dos pesos dos parâmetros, que não levou em consideração a relação existente entre a ocorrência de escorregamentos e a área da classes das variáveis geoambientais. Com o intuito de aprimorar os métodos heurísticos de mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamentos, recomenda-se que sejam aplicados e avaliados em outras regiões do Brasil com características geoambientais distintas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Augusto Filho, O. **Cartas de risco de escorregamentos:** uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP. São Paulo. 162 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, 1994.

Barredo, J. I.; Benavides, A.; Hervás, J.; Westen, C. J. Comparing heuristic landslide hazard assessment techniques using GIS in the Tirajana basin, Gran Canaria Island, Spain. **JAG: International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 2, n. 1, p. 9-23, 2000.

Bonham-Carter, G. F. **Geographic information systems for geoscientists**: modelling with GIS. Ottawa: Pergamon, 1996. 398 p.

Burrough, P. A.; McDonnell, R. A. **Principles of geographical information systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998. 333 p.

Carrara, A.; Cardinali, M.; Guzzetti, F.; Reichenbach, P. GIS technology in mapping landslide hazard. In: Carrara, A.; Guzzetti, F. **Geographical information systems in assessing natural hazards**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. p. 135-175.

Crepani, E.; Medeiros, J. S. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao estudo de movimentos de massa no município de Caraguatatuba-SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., Foz do Iguaçu, 2001. In: **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 931-933.

Cristo, S. S. V. **Análise de susceptibilidade a riscos naturais relacionados às enchentes e deslizamentos do setor leste da bacia hidrográfica do rio Itacorubi, Florianópolis – SC**. Florianópolis. 121 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

Cruz, O. **A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba: contribuição à geomorfologia litorânea**. São Paulo. 181 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia – Universidade de São Paulo, 1974.

De Biasi, M. **A carta clinográfica**: os métodos de representação e sua confecção. Revista do Departamento de Geografia, n. 6, p. 45-61, 1992.

Defesa Civil/SP. **Principais ocorrências atendidas (1995-2002)**. [on line]. Jan. 2003. <http://www.defesacivil.cmil.sp.gov.br>. Visitado em 29/01/2003.

Dias, F. P. **Análise da susceptibilidade a deslizamentos no bairro Saco Grande, Florianópolis – SC**. Florianópolis. 96 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

Fernández, C. I. Castillo, T. F.; Hamdouni, R.; Montero. J. C. Verification of landslide susceptibility mapping: a case study. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 24, n. 6, p. 537-544, 1999.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos da Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Litoral Norte – Relatório Final**. São Paulo: IPT, 2000. (Relatório n. 46.172).
Moraes, M. T. Região tem 32,6 mil pessoas em áreas de risco. **Jornal Folha de São Paulo**. São Paulo, 11 set. 2002. Caderno Folha Vale, p. C1.

Marcelino, E. V. **Mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamentos no município de Caraguatatuba (SP) usando técnicas de sensoriamento remoto e SIG**. São José dos Campos. 196 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais, 2003.

Moreira, F. R. S. **Uso e avaliação de técnicas de integração e análise espacial de dados em pesquisas mineral aplicadas ao planalto de Poço de Caldas**. São José dos Campos. 164 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais, 2001.

Terlien, M. T. J.; Asch, T. W. J.; Westen, C. j. Deterministic modeling in GIS-Based landslide hazard assessment. In: Carrara, A.; Guzzetti, F. **Geographical information systems in assessing natural hazards**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. p. 57-78.

Westen, C. J.; Rengers, N.; Terlien, M. T. J.; Soeters, R. Prediction of the ocurrence of slope instability phenomena through GIS-based hazard zonation. **Geologische Rundschau**, v. 86, n. 2, p. 404-414, 1997.

MAPA DAS FORMAÇÕES SUPERFICIAIS COMO SUBSÍDIO À ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS E QUEDAS DE BLOCOS

SILVIA MIDORI SAITO[1]
JOËL R. G. M. PELLERIN[1]
MARIA LÚCIA DE PAULA HERRMANN[1]

[1]Programa de Pós-Graduação em Geografia
Laboratório de Geoprocessamento,
Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa Postal 476 - 88.040-900 – Florianópolis-SC, Brasil
silsai@cfh.ufsc.br; pellerin@cfh.ufsc.br; herrmann@cfh.ufsc.br

SAITO, S. M.; PELLERIN, J. R. G. M.; HERRMANN, M. L. P. Mapa das formações superficiais como subsídio à análise de susceptibilidade a deslizamentos e quedas de blocos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 408-419. (CD-ROM)

RESUMO
O presente artigo trata-se da analise das características da formação superficial do Maciço Central de Florianópolis, que constitui um importante parâmetro para o diagnóstico da suscetibilidade a deslizamentos e quedas de blocos. Esta área constitui-se alvo desse estudo devido aos diversos acidentes ocorridos, principalmente em assentamentos precários. O mapeamento das formações superficiais possibilitou associar as ocorrências desses acidentes com as características da cobertura superficial, auxiliando, sobremaneira, na análise da suscetibilidade a escorregamentos na área em estudo.
Palavras-chave: formações superficiais, deslizamentos e quedas de blocos.

SUPERFICIAL FORMATIONS MAP AS SUBSIDY TO LANDSLIDES AND ROCK FALLS SUSCEPTIBILITY ANALYSIS

ABSTRACT
This paper analises superficial formation characteristics as important parameter to the landslides and rock falls susceptibility diagnostics at Florianopolis Central Massif. This area constitutes object of this study because many accidents occurred with mass movements above quoted, mainly at slums. The mapping made possible to associate the occurrences with superficial formation characteristics, helping extraordinarily in landslides susceptibility analyses at study area.
Key-words: superficial formations, landslides, rock falls.

1. INTRODUÇÃO

O intenso processo de urbanização nas encostas traz consigo inúmeros impactos negativos no ambiente, como o aumento do escoamento superficial causado pela impermeabilização do solo, retirada da vegetação e cortes nas áreas declivosas, entre outros. Reflexo dessa atuação desordenada são os inúmeros escorregamentos que vêm ocorrendo, de maneira cada vez mais acentuada, nas mais diversas cidades brasileiras.

A associação de clima úmido e temperaturas elevadas durante o ano contribui para o desenvolvimento dos espessos mantos de alteração ao longo das encostas das serras situadas na faixa litorânea do sudeste e sul do Brasil, propiciando, naturalmente, os escorregamentos. Contudo, a intervenção antrópica tem intensificado a ocorrência desses episódios e em muitos casos, gerando graves acidentes.

Em Florianópolis, os acidentes não possuem magnitude catastrófica, como verificado recentemente em cidades como Petrópolis ou Santos, onde foram registrados inúmeros desabrigados e até mortos. Todavia, identificar as áreas suscetíveis aos movimentos de massa é de fundamental importância para a prevenção e minimização dos acidentes.

Este estudo visa contribuir no mapeamento de áreas de riscos a escorregamentos na área insular de Florianópolis, incluindo as características da cobertura superficial por considerar um importante elemento para a análise de suscetibilidade, visto que os deslizamentos ocorrem nas áreas de alteração espessa e as quedas de bloco, via de regra, nos afloramentos rochosos.

2. ASPECTOS GERAIS DO MACIÇO CENTRAL DE FLORIANÓPOLIS

O Maciço Central de Florianópolis localiza-se na porção central da Ilha de Santa Catarina (Figura 1), sendo formado por granitos cinza escuro e róseo/Suíte Pedras Grandes e por um importante dique de diabásio da Formação Serra Geral que preenche falhas e fraturas nos granitos, encontrados na porção central do Maciço. (Tomazolli e Pellerin, 2004).

A área de estudo de acordo com a classificação de Herrmann e Rosa (1991, p.15) é pertencente a unidade geomorfológica Serras do Leste Catarinense, com modelado de dissecação em montanha, o qual se caracteriza por apresentar vales encaixados, interflúvios angulosos e vertentes de diferentes graus de declividade com amplitudes altimétricas superiores a 200m. O modelado nas áreas do granito é fortemente dissecado, com encostas íngremes, aflorando principalmente matacões de médio e grande porte, podendo ser observados nas áreas de baixo declive. Nas áreas onde afloram os diques de diabásio, a topografia se mostra mais rebaixada (Figura 2) configurando vertentes convexizadas.

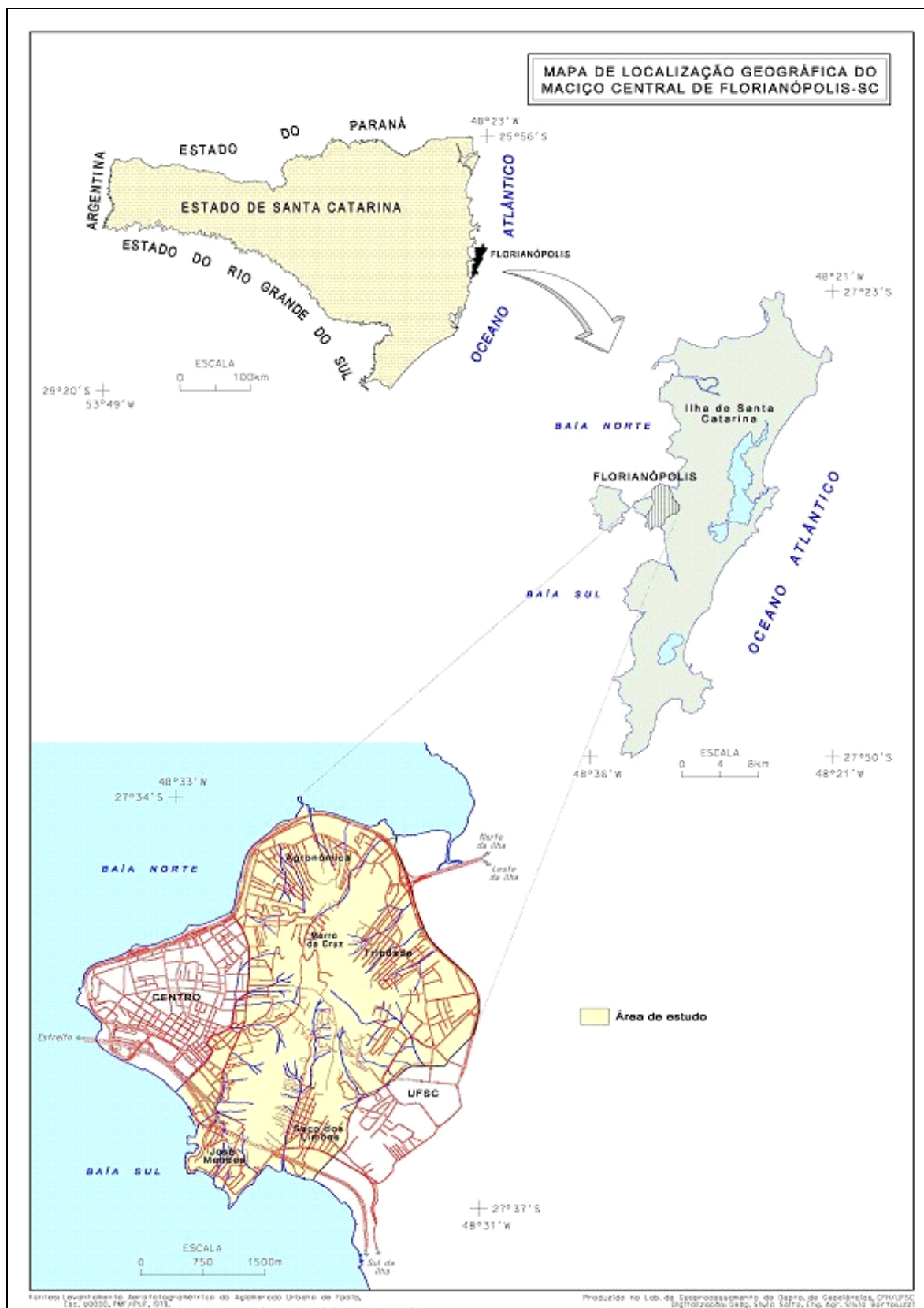



Figura 1 – Mapa de localização geográfica do maciço central de Florianópolis.

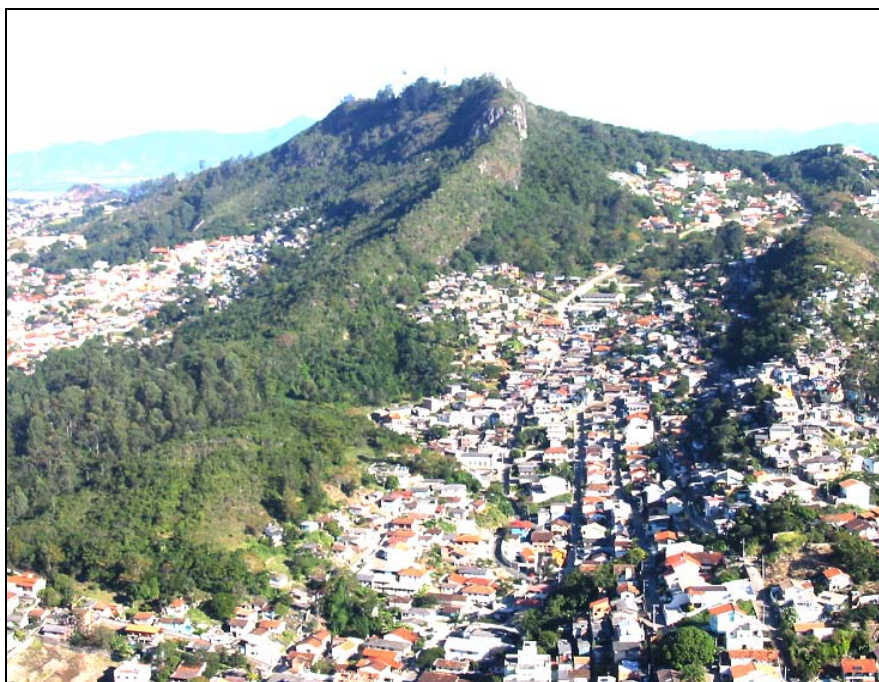



Figura 2 - Bacia Hidrográfica do Morro do Horácio: observa-se entre as cristas de granito a depressão que corresponde a um eixo de drenagem estabelecido em função da presença do dique de diabásio mais intemperizado que as rochas encaixantes (Foto: Saito e Pellerin, jun/04).

Herrmann (1999) analisando 42 episódios de deslizamentos e enchentes na área do aglomerado urbano de Florianópolis no período de 1980 a 1995, afirma que as principais correntes de circulação em Santa Catarina são as massas de ar Tropical Atlântica, Equatorial Continental e Polar Atlântica. A maior parte das chuvas tem caráter frontal, além da atuação de outros sistemas como frente quente de retorno, frente fria oclusa, vórtices ciclônicos. 37 episódios foram relacionados a passagens de Frentes Frias sobre o oceano, ou a Frentes Frias Estacionárias ou semi-estacionárias sobre o litoral catarinense. A autora atribui ao fenômeno El Niño, os episódios pluviais intensos que ocorreram nos períodos de 1982/83, 1986/87 e 1990/94.

O levantamento realizado pelo IPUF em 1993 evidencia um total de 46 comunidades carentes em Florianópolis. Destas, 67% das pessoas carentes (10.534) estão localizadas em 17 comunidades do Maciço Central.

3. METODOLOGIA

As informações das formações superficiais levantadas em campo e pela fotointerpretação das fotografias aéreas, escala 1:8000, foram lançadas na base cartográfica com curvas de nível de 10m. As classes empregadas foram:

- afloramento rochoso;
- cobertura superficial – espessura de até 1,5m;
- cobertura de alteração espessa, com mais de 1,5m de alteração;
- áreas de quedas de blocos;
- aterros e depósitos flúvio-marinhos.

Para facilitar as identificações e localizações das formações identificadas, optou-se por delimitar o Maciço Central segundo as bacias hidrográficas. As denominações adotadas para as bacias referem-se, basicamente, as desembocaduras desses rios, em virtude de que os mesmos não possuem topônimos, por serem canais, geralmente, efêmeros, densamente ocupados e canalizados. A área de estudo foi compartimentada, portanto, em oito bacias hidrográficas principais: Bacia da Baía Norte, Bacia do Morro do Horácio, Bacia da Trindade, Bacia da Serrinha, Bacia do Saco dos Limões, Bacia do José Mendes, Bacia da Prainha e Bacia do Rio da Bulha.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A alteração espessa é predominante, principalmente nas áreas de declividade pouco acentuada, entre 6 a 20%; os afloramentos rochosos correspondem às cristas de declividades muito acentuadas, constituídas de granito escuro, que originam as grandes acumulações de blocos (conforme consta no mapa das formações superficiais, Figura 3). As descrições abaixo referem-se às diferentes espessuras das formações superficiais das bacias, associando-se os acidentes registrados, os quais foram coletados a partir de informações de Rego Neto (1988), Simó (2001), notícias de jornais e observações em trabalhos de campo.

4.1. Bacias Hidrográficas da Baía Norte e do Morro do Horácio

Estas bacias localizam-se ao norte da área de estudo e têm os cursos d'água desaguando na Baía Norte. A cobertura espessa desenvolvida sobre o granito é predominante nessas bacias que apresentam declividades não muito acentuadas - inferiores a 20%. As cabeceiras distinguem-se pelo afloramento rochoso, formando cristas angulosas de direção NNE e pelas altas declividades, entre 20 a 40%.

A ocupação é intensa e constituída tanto por edificações residenciais de alto padrão, quanto por assentamentos precários conhecidos, nas cotas superiores a 100m, como Morro do Céu, Morro do Vinte e Cinco e Morro do Horácio.

Destacam-se alguns acidentes com deslizamentos registrados nos anos de 1976 e 2001, o primeiro na área de interflúvio em que predomina o afloramento rochoso de aplito, onde

houve uma queda de bloco, destruindo parcialmente uma casa de madeira; e o outro, junto ao assentamento precário conhecido como Morro do Chapecó, localizado em cobertura rasa.

4.2. Bacia Hidrográfica da Trindade

A bacia hidrográfica da Trindade está situada à leste do Maciço Central de Florianópolis e tem seu interflúvio principal configurado por cristas aguçadas e vertentes escarpadas, com declividades superiores a 40%, onde aflora o granito. Nas cotas inferiores a 50m, a cobertura espessa se desenvolve nas áreas de dissecação em outeiro. A Figura 4 mostra o contato do afloramento rochoso do granito muito fraturado com a cobertura sedimentar rasa. Destacam-se o Morro da Penitenciária o qual possui assentamento precário, com diversas habitações construídas diretamente sobre a rocha e o bairro residencial Trindade, cujo desenvolvimento esteve atrelado ao próprio crescimento da Universidade Federal de Santa Catarina, implantada em 1960. Neste bairro não há registros de acidentes pois as edificações se assentam em baixas declividades, embora ao percorrer a área constata-se outro tipo de problema, como a ocupação nos canais de drenagem. De acordo com o relato de moradores, em episódios pluviais intensos, como o ocorrido em 1995, algumas casas foram invadidas pela água.

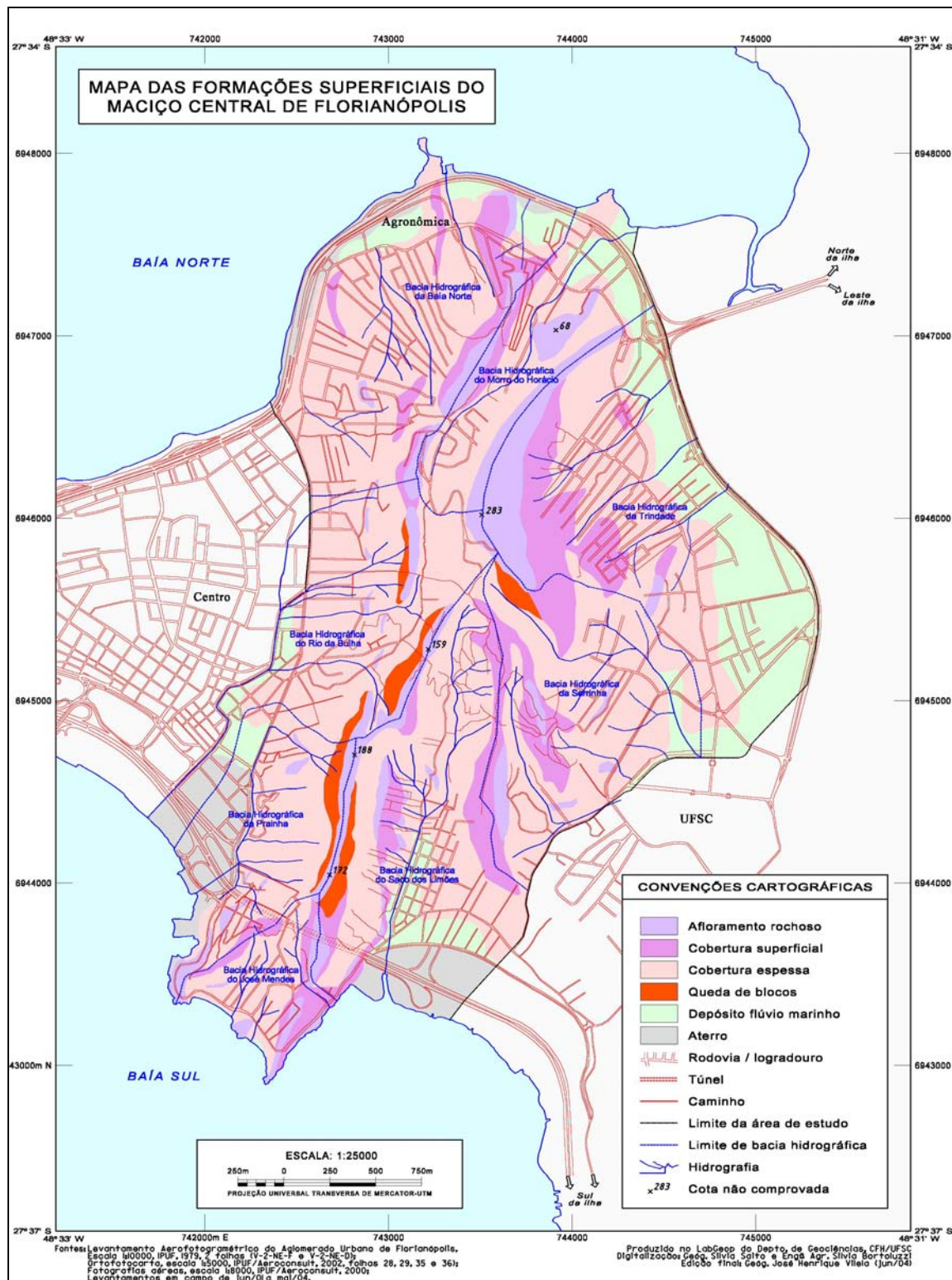



Figura 3 – Mapa das formações superficiais do maciço central de Florianópolis.

Figura 4 - No primeiro plano, contato do afloramento rochoso (Ar) extremamente fraturado e da alterita rasa (Ra). Ao fundo, o Morro da Cruz (Foto: Saito, 2003).

4.3.Bacia Hidrográfica da Serrinha

Esta bacia situa-se na porção sudeste do Maciço Central e sua drenagem deságua na mangue do Itacorubi. A cobertura espessa prepondera sobre toda a área da bacia. As cristas angulosas são formadas pelo afloramento rochoso do granito e uma faixa contígua a eles de cobertura superficial que se encontram nas cotas mais elevadas, na porção oeste da bacia. Nas nascentes do curso principal, localiza-se uma área de quedas de blocos, associado ao afloramento do granito rosa.

A ocupação é em parte feita pelo assentamento precário Alto da Caieira. Nas cotas inferiores, a ocupação é feita por casas e prédios residenciais de classe média, em localidade conhecida como Carvoeira. Nas áreas de modelados de dissecação em outeiro são ocupadas em parte pela comunidade da Serrinha, tratando-se de uma área de ocupação irregular. Verifica-se uma intensificação da ocupação dada a sua proximidade com a UFSC.

4.4.Bacia Hidrográfica do Saco dos Limões

A bacia hidrográfica do Saco dos Limões localiza-se na porção sul do Maciço e possui a montante uma bacia suspensa, cortada por uma falha no sentido SE-NO. As nascentes localizam-se em declividades de 20 a 39,99%, em vertentes formadas por granitos cinza e rosa.

A cobertura espessa predomina por toda a bacia, embora exista nos divisores d'água a leste, uma faixa de cobertura superficial, onde se assenta parte da comunidade Alta da Caieira. Ao longo da encosta, já em cobertura espessa, encontra-se o restante do assentamento.A ocupação é recente, com adensamento principalmente nos últimos dez anos, com diversos acidentes já registrados.

Pode-se considerar o referido assentamento como uma das áreas emergenciais para obras de contenção, principalmente porque são realizados cortes nas encostas, não respeitando as características do terreno, como a declividade ou o material de alteração. Outra realidade comum na área é a localização de habitações nas margens dos canais de drenagem, podendo-se verificar ao mesmo tempo alguns pontos de ravinamento nas cabeceiras. A Figura 5 demonstra como se dá a ocupação nessa área.

Figura 5 - Casa construída no eixo da drenagem (Foto: Saito, jul/2003).

No bairro Saco dos Limões, setor oeste da bacia, localizado em parte sobre alteração superficial e afloramento rochoso os acidentes são referentes aos deslizamentos e aos rolamentos de blocos das altas vertentes.

4.5. Bacia Hidrográfica do José Mendes

Situada ao sul da área de estudo, essa bacia tem sua drenagem desaguando diretamente na Baía Sul e os interflúvios formados em cristas de granito. A cobertura espessa predomina por toda a bacia.

Em relação à ocupação, em parte é feita por residências de boa estrutura do bairro José Mendes e também pelo assentamento precário Morro da Queimada. Este, localiza-se numa bacia suspensa, condições geomorfológicas desfavoráveis visto que a drenagem concentra-se rapidamente, aumentando a velocidade de escoamento. Salienta-se que as casas são construídas no eixo da drenagem.

Os registros dos acidentes relacionam-se, principalmente, com as quedas de blocos em virtude do interflúvio anguloso situado entre as bacias da Prainha e José Mendes, como ocorreu em 1984, quando após chuvas intensas houve a destruição de uma casa provocada pelo deslizamento. Em 1987, um bloco de 1,5m de diâmetro derrubou parte de uma casa. No ano de 2001, um bloco de, aproximadamente, 200kg ameaçou rolar sobre uma casa.

4.6. Bacias Hidrográficas da Prainha e do rio da Bulha

Estas bacias situam-se ao sul/sudoeste do Maciço Central de Florianópolis cujos canais de drenagem deságuam diretamente no canal da rua Hercílio Luz, canalizado deds o ano de 1918. Uma extensa cornija de granito escuro que originou um campo de blocos caídos domina as vertentes retilínea e convexa, em modelados de dissecação em montanha. O substrato das vertentes é constituído por granito rosa com alteração de espessura irregular. As nascentes se encontram a cotas altimétricas de 150m, em declividades predominantemente de 20 a 39,99%.

Historicamente trata-se de uma área de ocupação antiga e com o maior numero de acidentes registrados, a exemplo os verificados nos Morros do Mocotó, da Mariquinha e Mont Serrat. Diversas obras de contenção já foram realizadas pela Prefeitura Municipal e Defesa Civil, mas ainda existem problemas de instabilização de encostas.

Em janeiro de 1987, no Morro da Mariquinha um bloco de cinco toneladas desprendeu-se do campo de blocos de uma altura de 8m e quase atingiu uma residência onde se encontrava uma família de cinco pessoas. Nesse mesmo morro, ao longo das escadas de acesso às residências, foram observadas em diversos locais, escorregamentos das paredes escavadas para construção das casas em alterações superficiais, sem nenhuma obra de contenção (Figura 06).

Figura 6 - Morro da Mariquinha - obra de recuperação feita pelo proprietário em decorrência de um deslizamento do corte elaborado para a construção da casa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapa das formações superficiais contribuiu, juntamente com outros mapas temáticos, para a identificação das áreas sujeitas à deslizamentos e quedas de blocos. Verificou-se que as áreas com alterações espessas coincidiram com os deslizamentos, registrados pelos trabalhos de Rego Neto (1988) e Simó (2001). Ao mesmo tempo, nos locais identificados como campo de quedas de blocos, nas áreas de cristas, verificaram-se esse tipo de acidente.

Destaca-se também que o conhecimento da formação superficial compreendido dentro de uma bacia possibilita entender melhor a dinâmica da drenagem na área. Assim, pôde-se associar o escoamento superficial nos afloramentos rochosos, com os processos erosivos que podem ocorrer nas áreas tanto de alteração superficial quanto na espessa, como constatado na área em estudo. Salienta-se o fato das bacias que possuem cabeceiras em altas declividades junto aos afloramentos rochosos, potencializam a velocidade do escoamento e assim, concentrando-se rapidamente na jusante, evidenciando outro problema: as enxurradas.

A formação superficial constitui-se, portanto, como um relevante parâmetro para a análise da suscetibilidade a deslizamentos e quedas de blocos, sendo muito importante para a confecção do mapeamento de suscetibilidade a deslizamentos e quedas de blocos do Maciço Central de Florianópolis.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HERRMANN, M.L. P. **Levantamento dos desastres naturais causados pelas adversidades climáticas no estado de Santa Catarina período 1980 a 2000.** Florianópolis: IOESC, 2001. 89p.

HERRMANN, M. L. P.; ROSA, R. O. **Geomorfologia: mapeamento temático do município de Florianópolis**: Florianópolis: IPUF/IBGE, 1991. 26p.

TOMAZZOLI, E; PELLERIN, J.R.G.M.; ESTEVES, M. Geologia e Geomorfologia da Área de Influência do Maciço Central da Cidade de Florianópolis-SC. In: **IX Simpósio Nacional de Geomorfologia,** São Luís, 2002. 5p.

REGO NETO, C. B. **Morro da Cruz - Florianópolis/SC: condicionantes geológico-geotécnicos ao uso do solo**. Rio de Janeiro. 150p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1988.

SIMÓ, D.H. **Diagnósticos de desastres naturais**. Relatório de estágio DEDC/ Diretoria Estadual de Defesa Civil/SC. Florianópolis, 2001. 82p.

ESTRATÉGIAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS: LA ARQUITECTURA DE TIERRA, UNA ALTERNATIVA A EXPLORAR

ROSA FLORES[1]
CÉLIA NEVES[2]

'[1]Instituto de Urbanismo
Facultad de l'*Aménagement*
Universidad de Montréal
2940 Chemin de la Côte Ste-Catherine, Montréal (Québec) H3T 1B9, Canada
[2]CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento
Al. Praia de São Vicente, 40 Vilas do Atlântico 42700-000
Lauro de Freitas–BA, Brasil
rosa-amelia.flores-fernandez@umontreal.ca; cneves@superig.com.br

FLORES, R.; NEVES. C. Estratégias de prevención de riesgos: la arquitetura de tierra, una alternativa a explorar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 420-433. (CD-ROM)

RESUMEN
El artículo trata acerca de medidas no estructurales de prevención de laderas y expone ciertas estrategias respecto a sistemas de prevención en los asentamientos humanos localizados en zonas vulnerables, sujetas, a menudo, a la ocurrencia de desastres naturales. Se presentan criterios generales de protección superficial de taludes (materiales naturales) y técnicas específicas de construcción para las viviendas localizadas en los sectores a riesgo. Se propone la arquitetura de tierra en sus diversas modalidades, como una alternativa técnicamente viable de prevención de laderas frente a las exigencias de los fenómenos naturales. Se incluye una reflexión a propósito de las políticas de intervención (rehabilitación y relocalización) y de gestión de riesgos aplicadas con frecuencia en las comunidades afectadas. Las discusiones realizadas a lo largo del artículo permiten identificar técnicas constructivas adecuadas y elaborar una serie de conclusiones y recomendaciones con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los residentes en laderas.
Palabras-clave: prevención en laderas; obras sin estructura de contención; gestión de riesgos; arquitectura de tierra; rehabilitación y relocalización.

ABSTRACT
This article treats about non-structural measures of prevention in hillsides and raises certain directions with respect to systems of prevention in the squatter settlements located in vulnerable zones, which are often subject to the occurrence of natural disasters. General criteria of superficial protection of slopes (material natural) and specific techniques of construction for the houses located in the sectors to risk appear. The earth architecture in its diverse modalities sets out, like a technically viable alternative for the prevention of hillsides in front of the threat that are the natural phenomena. The paper includes a reflection with regard to the policies of intervention (rehabilitation and relocation) and of management of risks applied in the affected communities. The discussions made throughout the article allow to identify suitable constructive techniques and to elaborate a series of conclusions and recommendations with the objective to improve the quality of life of the residents in the sectors to risk.
Key-words: prevention on hillsides, works without containment structures, risk management, earth architecture, rehabilitation and relocation.

1. INTRODUCCIÓN

Según un estudio realizado por el BID (2000), América Latina y el Caribe es considerada como una de las regiones del mundo más expuesta a las amenazas naturales. Esta situación singular se explica por el terreno montañoso que estos países poseen, los sistemas hidrográficos complejos (cursos de agua y cuencas hidrográficas), así como por su proximidad con, por lo menos cuatro placas tectónicas activas en el Pacífico donde se

concentra una parte importante de la actividad sísmica del planeta. Como consecuencia, los fenómenos naturales más comunes que estos países experimentan, son las inundaciones (34%), los huracanes (25%), los sismos (18%) y los deslizamientos de terreno (representan oficialmente 9% del conjunto) (BID, 2000). Dentro de la clasificación relativa a los países con mayor incidencia de desastres naturales- con una frecuencia media de 40 desastres importantes por año-la región de América Latina y el Caribe, ocupa el segundo lugar después de Asia.

Entre las principales causas de la vulnerabilidad de esta región (América Latina y el Caribe), el BID (Ibid, 1) identifica: la urbanización rápida y no reglamentada; la persistencia de la pobreza urbana y rural generalizada; la degradación del medio ambiente provocada por la mala utilización de los recursos naturales; la ineficiencia de las políticas urbanas y finalmente el retraso y los errores en cuanto a las inversiones en infraestructura urbana (una parte importante de la infraestructura que los países de América Latina y el Caribe poseen presenta problemas de mantenimiento).

2. METODOLOGÍA

En primer lugar se presenta un marco conceptual concerniente a las políticas de intervención que son aplicadas con frecuencia en las localidades víctimas de los desastres naturales. Nos estamos refiriendo al conjunto de acciones relativas a los procesos de rehabilitación y/o de relocalización, al interior de las cuales planteamos una discusión respecto a las ventajas y desventajas de la puesta en práctica de tales políticas.

Enseguida se presentan ciertos conceptos concernientes a la gestión de riesgos '*risk management*' como es el caso del principio de precaución o de las medidas de atenuación de desastres. Se destaca que la eficacia de tales acciones deberá estar condicionada a las condiciones locales y a las capacidades de la economía del país en cuestión. En ese contexto se hace referencia a las medidas no estructurales de prevención de laderas donde, se sugiere el uso de revestimientos superficiales de taludes (materiales naturales) como una de las alternativas económicas y de rápida ejecución.

A continuación se presentan las diferentes técnicas de construcción en tierra con sus ventajas económicas y ecológicas (un tercio de la población mundial vive actualmente en construcciones hechas en tierra), como una alternativa frente a las exigencias requeridas para la construcción de viviendas en zonas particularmente sensibles a los desastres. Se sugiere de manera particular el uso de la '*quincha*' en las zonas a riesgo.

3. ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN EN LAS ZONAS A RIESGO: ¿REHABILITAR O RELOCALIZAR?

En general, los sitios denominados *de riesgo*, vulnerables a los desastres naturales (inundación, sismos, deslizamientos de terreno, etc.), son vistos como un *cáncer* donde la población que los ocupa se transforme en parásitos a expulsar, *células cancerosas o miembros infectados* debiendo hacerse todo lo posible por frenar la propagación de la enfermedad (Schon, y al., 1994). Estos sectores llamados *marginales*, relativamente inaccesibles y muy accidentados se localizan, a menudo, en los terrenos de gran inclinación, sobre las colinas, a lo largo de ríos (sectores inundables), en terrenos pantanosos, etc. Según Satterthwaite (1989), los grupos, a menudo los más pobres, que se instalan ilegalmente en estas zonas, viven en estos lugares sin ignorar los peligros presentes. Ya que las zonas seguras son demasiado costosas para estos grupos, el sitio en riesgo es el único lugar donde éstos pueden construir su propia casa o alquilar una vivienda (sus escasos recursos económicos no les permiten tener acceso a otra opción de hábitat) (Hardoy y al., 1989).

En el caso Brasilero, por ejemplo, los terrenos prohibidos a la construcción son -a menudo por mala fé, corrupción, o por falta de competencia de los administradores municipales- los sectores que los loteadores destinan para áreas verdes y/o para la construcción de equipamientos urbanos al interior de las nuevos loteamientos (Machado, 1995). Además de estas zonas, los terrenos periféricos o destinados para fines públicos -de acuerdo con los planes de urbanismo- que jamás son ocupados por falta de recursos para comprarlos o urbanizarlos, también son lugares que sirven de albergue a los llamados *squatters* (Bapat, 1989). Tales aglomeraciones urbanas ubicadas en las áreas públicas o privadas, fuera de los códigos legales de loteamiento y de edificación, provocan a menudo la depreciación de los sectores que se encuentran en su proximidad.

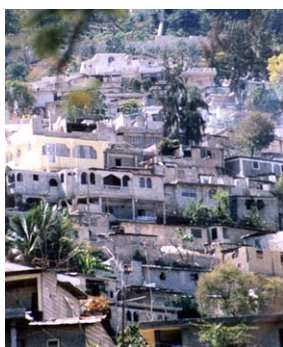



Foto 1 Foto 2 Foto 3

Foto 1: Asentamiento Humano localizados en las laderas de Puerto Príncipe, Haiti (D’Aragon, 2003)
Foto 2: Favela en Salvador de Bahia, Bahia, Brasil (D’Aragon, 2000)
Foto3: Asentamiento Humano denominado ‘Cerro Riva Agüero’ en Lima, Perú (Salazar, 2003)

A propósito de los asentamientos humanos, en general, la mayor parte de la imponente documentación disponible se concentra en las estrategias en materia de regularización. Para ciertos autores, la regularización se limita simplemente a garantizar la seguridad de ocupación. Para otros, se trata de un conjunto de acciones visando proveer a las poblaciones el acceso a los equipamientos y a los servicios urbanos (AITEC, 1995).

A lo largo de la historia, diferentes teorías y trabajos de investigación han analizado el fenómeno de las 'barriadas' y las diversas políticas visando su regularización. Es a comienzos de los años 1980, que se identifica claramente una corriente de inspiración social que privilegia la permanencia de la población en los terrenos ocupados irregularmente. Dicha corriente toma sus fundamentos en las teorías revolucionarias de los años 1960 proferidas por Charles Abrams (1966), William Mangin (1967) y John Turner (1967; 1968). Según estos autores, a partir del momento en que ciertas condiciones preliminares son encontradas, los ocupantes de éstos asentamientos irregulares son los más indicados para modificar sus condiciones de hábitat. Segú esta perspectiva, el dejar a las personas en el mismo lugar buscando la posterior rehabilitación del espacio físico que ocupan, puede favorecer no solamente su afirmación de pertenencia al lugar, sino que también será un elemento clave en el proceso participativo de éstos para la protección de su medio ambiente.

Existe también una segunda tendencia de regularización, en éste caso de inspiración liberal que privilegia las operaciones de relocalización y el desplazamiento de las poblaciones de los espacios que ellos ocupan. A menudo, el objetivo de esta política, es de desocupar los terrenos ocupados por los 'squatters' en las zonas centrales de las ciudades que con el paso del tiempo se encuentran fuertemente valorizadas (Durand-Lasserve y al., 1995). La relocalización, que puede ser voluntaria o involuntaria, es definida como la transferencia de una población de su territorio que ocupa hacia otro lugar donde su vivienda y eventualmente su economía serán reorganizadas (Desrosiers, 1997). Autores como Cernea (1989), Bassan (2000), Mathur y al., (1995) así como Satterthwaite (1989) reconocen que dichos desplazamientos tendrán siempre efectos negativos en la población afectada. A modo de ejemplo, podemos citar el empobrecimiento y la exclusión que implica la pérdida del terreno y de la vivienda, la desorganización de las redes económicas y sociales, la inseguridad alimentaria, muertes, los problemas sicológicos, etc.

Se sabe que en una realidad como es la de los países en desarrollo, resulta utópico pensar en desplazar toda la población que se encuentra instalada en los sectores a riesgo, sobretodo si éste fenómeno es visto en términos cuantitativos. No es realista pensar que todos los sectores peligrosos existentes al interior del territorio urbano deben ser prohibidos a la vivienda o a la actividad humana. La ocupación de esos sectores, sobretodo en los países en desarrollo, se ha transformado en un fenómeno social sólidamente establecido, quiere decir, en un modo de vida frecuente. Incluso, existen regiones en el mundo donde no existe otra opción posible que vivir en esas zonas relativamente peligrosas (Naciones Unidas, 1976). Las experiencias de gobiernos que han intentado erradicar los asentamientos humanos y desplazar sus ocupantes, ya sea en alojamientos al nivel del suelo, o en edificios verticales; han mostrado que dicha manera de actuar (relocalización) no resulta viable (Bapat, 1989: 24). En los casos en que los organismos municipales han logrado retirar los usuarios por medidas de seguridad; han logrado hacerlo temporalmente porque transcurridos algunos días, los ocupantes que habían sido desplazados regresan nuevamente al lugar de origen o nuevos usuarios llegan para ocupar el mismo lugar a riesgo (Restrepo-Tarquino y al., 1998). Según Abbott (2000), la dificultad proviene del hecho de que no se producen viviendas adicionales sino que apenas se llega a remplazar los alojamientos destruidos. Además, el bajo ingreso de la población no pude soportar la prestación mensual (pago de la nueva vivienda y los servicios básicos) y que, finalmente, regresa a la condición de squatter; o en otros casos de trata de una no-adaptación de los reubicados en los grandes conjuntos inmobiliarios periféricos (Machado: 1995). En ese contexto, y siempre en relación con las acciones o las medidas que buscan impedir o expulsar a las personas que ocupan las zonas amenazadas, según el PNUD (1993: 27), tales procedimientos no podrán ser aplicados en las ciudades donde la presión economía de instalarse en tales locales sobrepasa la preocupación de la legalidad.

4. LA GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES

Si bien las políticas frente a los desastres han estado siempre orientadas hacia la preparación y la elaboración de planos para responder a las situaciones de urgencia, guiados más por los efectos de los acontecimientos (reconstrucción) que por las causas (prevención); estos últimos años ha surgido entre las diferentes instituciones una preocupación a fin de limitar las pesadas consecuencias de los desastres. Es bajo perspectiva que se hablará, de ahora en adelante, de medidas de atenuación de catástrofes.

Una serie de acciones destinadas a atenuar los efectos negativos de tales fenómenos (PNUD, 1993: 7), que según Godard (1997: 37) son agrupadas por un principio denominado 'de precaución'. Según este autor, el principio 'de precaución' puede ser entendido como una nueva etapa en la extensión de normas sociales y jurídicas que buscan promover la prevención de riesgos tecnológicos, sanitarios y ambientales. Según este autor, incluso si no existe una certeza científica respecto a las causas implicadas en la concretización del riesgo, o respecto a la magnitud de la importancia de daños; la idea elemental de la precaución legitima la toma en cuenta de las medidas de prevención frente a los riesgos. La eficacia de las estrategias de atenuación de riesgos, en los países en desarrollo, según Petak et al., (1982), debe ser compatible con las condiciones locales antes que la adopción de medidas copiadas de los países desarrollados. Las estrategias aplicadas en los países en desarrollo no pueden basarse en las condiciones de otros países con un desarrollo tecnológico más elevado. Los criterios a ser aplicados deberán ser compatibles con las capacidades de la economía local, favoreciendo diversas soluciones tecnológicas que no impliquen costos muy elevados y que sean siempre coherentes con la realidad local.

5. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES DE PREVENCIÓN DE LADERAS

Dentro del contexto latinoamericano, y particularmente en lo que se refiere al fenómeno de los asentamientos humanos implantados en sitios a riesgo, cuando se trata de soluciones tecnológicas para la prevención de laderas se debe tomar en cuenta la principal causa de los desmoronamientos y los deslizamientos que ocurren en los morros de debe al deforestamiento, y/o la eliminación de las camadas superficiales de los suelos (exponen los terrenos a la erosión y a la infiltración del agua) (Região Metropolitana de Recife, 2004).

Se sabe que la protección superficial de taludes desempeña un rol fundamental en su estabilización. En función de las características del suelo y de la topografía local, se puede utilizar revestimientos con materiales naturales a fin de obtener resultados positivos y duraderos, dependiendo del grado de manutención que reciban. Cuando hablamos de materiales naturales nos estamos refiriendo a los revestimientos vegetales y al suelo natural. En el caso del revestimiento vegetal, éste desempeña varias funciones como: la atenuación del impacto de las lluvias sobre el suelo protejiéndolo de la erosión; la reducción de la infiltración del agua, haciendo que gran parte de ella se deslize sobre sus hojas; y finalmente la protección de la parte superficial del suelo como consecuencia de la trama formada por sus raizes (Ibid.,). Uno de los revestimientos vegetales más indicado para la protección de encostas deforestadas a causa de la ocupación urbana es la vegetación

herbácea, una familia vegetal que comprendre diversas variedades de gramas (maiz, caña de azúcar, gras, etc,). Si bien los platanales, pertenecen a ésta familia (de herbáceas), su presencia en las laderas tiene efectos muy negativos por el hecho de ser un planta que acumula grandes volúmenes de agua, necesaria para su metabolismo. Las raizes de esta especie no cumplen un papel de estructuración del suelo y con frecuencia son responsables por el arrastramiento del suelo en la ocurrencia de deslizamientos.

En el caso de laderas con gran inclinación, se recomienda que los árboles de gran porte[1] (plantas de coco, mangos), sean erradicados, pues de permanecer en éstos sectores su efecto mecánico principal será de 'palanca', como consecuencia de la gravedad combinada a la acción de los vientos fuertes. Sin embargo, dichos árboles pueden ser substituidos por otros de porte mediano. Es importante destacar que '*um importante efeito mecânico da vegetação é a estruturação do solo através do sistema radicular. O sistema formado pelo entrelaçamento das raízes retém o solo, inserindo-se em espaços vazios, agregando grânulos, seixos e até blocos maiores aos materiais mais finos, com um efeito importante sobre a resistência ao cisalhamento dos solos'* (Região Metropolitana de Recife, 2004).

En lo que concierne los criterios técnicos para el hábitat localizado en los sectores de laderas vulnerables a los desastres naturales, se sugiere la aplicación de sistemas constructivos milenarios como es el caso de la tierra que ha sido y continua siendo aplicada en sus distintas modalidades técnicas en los diversos países de latinoamerica. En el caso particular del Perú, según los diversos investigadores, actualmente, 60% de las construcciones son hechas utilizando como materia prima la tierra (el adobe, el tapial y la quincha). Las ventajas económicas, ecológicas y su facilidad en la construcción de viviendas que presenta la tierra transforman ésta técnica en una de las opciones más utilizadas entre los pobladores frente al déficit habitacional.

A fin de facilitar una mejor comprensión del uso de la tierra en la construcción de viviendas en los sectores a riesgo, presentamos enseguida un resumen relativo al empleo de este material en sus diferentes modalidades técnicas.

---

[1] Según Mesquita (1996), in Região Metropolitana de Recife (2004). *Clasifficação das espécies arbustivas e Arbóreas segundo o porte.*
Arboles de gran porte :
Altura : <12,0mts; circunferencia del tronco a la altura del pecho: 1,0 – 3,0mts; diámetro de la copa: 8,0-15,0mts.
Arboles de porte mediano:
Altura: 6,0-12,0mts; circunferencia del tronco a la altura del pecho: 0,7-1,75mts; diámetro de la copa: 5,0-10,0mts

6. LA TIERRA Y EL HÁBITAT EN LOS SECTORES A RIESGO ¿UNA ALTERNATIVA VIABLE?

Las técnicas de construcción con tierra han surgido en casi todas las civilizaciones y se han expandido a través de las invasiones y colonizaciones a lo largo de la historia de la humanidad. Como consecuencia de la fusión entre las técnicas nativas y aquellas importandas por los extranjeros, se han producido numerosas combinaciones, adaptándose a las condiciones locales y organizándose a las formas más adecuadas de construir.

A pesar que las técnicas que utilizan la tierra presentan muchas semejanzas de una región a la otra, cada lugar mantiene su propia nomenclatura que, muchas veces puede llegar a confundir hasta los más eruditos en la materia. Son varias las tentativas de clasificar las técnicas del uso de la tierra. Por ejemplo, el CRATerre – Centre International de la Construction en Terre, con sede en la Escuela de Arquitectura de Grenoble, presentó en su libro Construire en Terre de 1979 un interesante modelo de clasificación reuniendo las técnicas en tierra procesada y en tierra no procesada y subdividía estos dos grupos en función del estado hídrico utilizado en la ejecución de una determinada técnica. Es en 1994, que el mismo centro (CRATerre) nos presenta una nueva clasificación de las modalidades de construcción con tierra compuesta de doce técnicas que son agrupadas en función del estado hídrico.

Por su parte, la Red Temática HABITERRA, a partir de un levantamiento realizado por sus integrantes en diez países iberoamericanos, registró la existencia de más de 50 técnicas en uso o en fase de investigación. En función de la modalidad de ejecución, las técnicas fueron agrupadas en grandes familias, denominadas mampostería, monolíticos y entramados (HABITERRA, 1994). En lo que se refiere a la mampostería, las técnicas fueron clasificadas en adobe, bloque compactado y bloque prensado. Los monolíticos fueron clasificados en tapial, tapial reforzado y en sistemas alternativos. Finalmente, en la familia de los entramados, la clasificacion consideró la quincha y la quincha prefabricada. De manera complementaria fueron registradas técnicas básicamente utilizadas a nivel regional, que no habían sido identificadas dentro de la clasificación adoptada.

La tierra como material de construcción puede ser utilizada básicamente de dos maneras: a)la tierra embebida en agua, constituyendo una masa de consistencia plástica o como 'argamasa de suelo'; b) la tierra como una mezcla húmeda de tierra y agua, compactada o prensada. Las propiedades mecánicas y la capacidad de impermeabilización de la tierra pueden ser mejoradas significativamente con la adición de pequeños

porcentajes de ciertos productos llamados estabilizadores como la paja, el asfalto, el cemento, la cal, entre otros.

Una de las técnicas más primitivas de construcción es la mampostería de adobe. Los antiguos constructores aprendieron a usar la tierra, mejorando sus propiedades con la adición de otros materiales cuya función era proteger las superficies exteriores (de las edificaciones) de la acción de los agentes de degradación. Empíricamente, la impermeabilidad del adobe ha sido mejorada adicionando a la mezcla de tierra y agua el asfalto natural. La retracción ha sido reducida con la adición de pajas, de suelos mezclados (para la obtención de un suelo con granulación más apropiado) siendo la mezcla compactada y prensada en moldes para la obtención de bloques mas resistentes.

Otra técnica, conocida es el tapial, 'taipa-de pilão' en el Brasil, o el 'apisonado' en otros países iberoamericanos, que corresponde a paredes monolíticas construidas en el propio local. Esta técnica consiste en la compactación de camadas de tierra húmeda en el interior de moldes, generalmente de madera, que van desplazándose a la medida que la construcción avanza. Para garantizar el plomo y mantener un ancho constante en la pared se utilizan guias verticales que inclusive facilitan el desplazamiento de los moldes. Un medio para contrarrestar la acción dañida del agua sobre las paredes de tapial no estabilizada es la ejecución de camadas impermeabilizantes entre la fundación y la pared y la protección de fachadas con aleros. Estas son soluciones adoptadas con suceso para garantizar la resistencia de la paredes a la intemperie y su capacidad de soportar esfuerzos de compresión.

Otra técnica constructiva interesante y muy usada en varias regiones, se caracteriza por la combinación de madera, bambú, varas, paja, fibras, con la tierra y, eventualmente, aglomerantes. Conocida como 'taipa-de-sopapo' o simplemente taipa en el Brasil, esta técnica recibe variados nombres en otros países, tales como quincha, bahareque, fajina. Algunos estudiosos proponen la denominación general de este sistema como técnica mixta, pero siempre conservando las variadas nomenclaturas en cada región (CYTED/PROTERRA, 2003). Resumidamente, la técnica mixta consiste en una estructura portante, de madera, unida por entramados reticulados de madera o varas y cubierta con una masa de tierra plástica. En general, los efectos de la retracción de la masa de relleno muy pronunciadas exigen un revestimiento posterior al secado para detener el efecto de desagregación. El uso de la técnica mixta se da en climas variados, desde regiones con temperaturas elevadas hasta las más frías, y en altitudes desde el nivel del mar hasta las más elevadas como es el caso de las montañas. Las edificaciones que poseen este sistema

constructivo presentan un excelente desempeño frente a los constantes movimientos sísmicos, característicos en varios países de América Central y de América del Sur.

En lo que concierne al uso particular de la tierra dentro de los asentamientos humanos localizados en los terrenos dichos marginales, vulnerables a los desastres naturales, debemos destacar el gran potencial que representa la aplicación de esta última técnica, la quincha, en la construcción masiva de viviendas en los diferentes contextos latinoamericanos.

Por ejemplo en el caso específico de las barriadas del Perú, tanto el adobe como el tapial y la quincha continúan a ser utilizadas en las diversas regiones de este país. En la región de la Costa, que presenta un clima seco y árido, se utiliza principalmente el adobe en la construcción. Los *squatters*, después de realizar los cortes en el terreno (en las faldas de los cerros), y siguiendo un sistema de terrazas (tradición de la cultura inca) construyen sus viviendas con tierra. En el caso de la región montañosa peruana, de temperatura fría y húmeda, las casas que han sido construidas en tapial en las faldas de los cerros, continúan a subsistir a pesar de las inclemencias del tiempo. Lo mismo ocurre en la Selva peruana donde la quincha se destaca por su uso frecuente y por su buen comportamiento frente a los movimientos sísmicos. Por el hecho de ser una técnica muy liviana, este tipo de construcción y la forma de implantación puede favorecer la no occurencia de desastres por el mínimo de presión que ejerce sobre el terreno, si comparado con el sistema convencional de alvenaria.

Foto 1

Foto 2

Foto 3

Fotos 1 y 2: El uso de la quincha en la construcción de viviendas en los Asentamientos Humanos localizados en laderas, Chiclayo, Perú (D'Aragon, 1999)
Foto 3 : Viendas en adobe y tapial en las laderas de Cusco, Lima, Perú (PROTERRA, 2002)

Precisamente, es en estos últimos años que a través del proyecto de investigación PROTERRA del HABYTED/CYTED, institución que reúne mas de 50 especialistas en el dominio de la tierra procedentes de 15 países iberoamericanos, tenemos la posibilidad de observar, compartir y trabajar en diferentes experiencias que visan el mejoramiento de las técnicas tradicionales de tierra (adobe reforzado, quincha mejorada, tapial reforzado, etc.) esperando obtener una mejor respuesta de este material frente a las catástrofes naturales.

Ejemplo de ello es el trabajo que se viene realizando en El Salvador (FUNDASAL), Perú (Universidad Católica del Perú), Ecuador, Colombia, entre otros.

Finalmente, en el caso particular de las barriadas localizadas en sitios a riesgo, debemos remarcar la necesidad de verificar de cerca el uso de estas técnicas de tierra, caso por caso, relacionándolas siempre con las características topográficas, geológicas, geotectónicas del suelo donde se localizan tales asentamientos humanos.

7. CONCLUSIONES

En una situación donde casi la mitad de la población de las ciudades del Sur vive en los barrios informales, la mayoría implantados en los terrenos propicios a los desastres naturales, la participación de los usuarios aparece posiblemente como la vía más realista que puede asegurar no sólo la sobrevivencia sino también el desarrollo durable de los grupos en cuestión. Los *squatters*, que son conscientes del peligro físico del territorio que ocupan, han aprendido a vigilar y a proteger *su* espacio desarrollando diferentes mecanismos de sobrevivencia frente a los desastres naturales (inundación, deslizamientos de terreno, sismos, etc.). En ese sentido, pensamos que, a partir del momento que ciertas condiciones preliminares son encontradas, las personas de estos asentamientos humanos que viven en los sectores vulnerables, son probablemente los más indicados para modificar sus condiciones de hábitat. Con ese espíritu, la idea sería de dejar la población en el mismo lugar que ocupan y de tentar rehabilitar los espacios, preservando siempre la gran diversidad de relaciones y redes sociales y culturales que forman parte del ecosistema. Si bien el concepto general es mantener la población de estos asentamientos en los espacios que ocupan, es esencial hacer una evaluación de la vulnerabilidad del territorio. En efecto, las características técnicas de cada zona deben ser analizadas de forma particular: el tipo de suelo (geología), el grado de inclinación del terreno, las características de las napas freáticas, de la hidrología así como los drenajes que son elementos prioritarios en el momento de la evaluación del alea. Además, es necesario que los profesionales responsables de la elaboración de políticas urbanas y los encargados de las políticas relativas a las catástrofes naturales trabajen en sinergia.

También, es importante reflexionar a propósito de los métodos de construcción alternativos como es el caso de la tierra que nos ofrece una serie de ventajas económicas, económicas y sociales, compatibles con las necesidades y las condiciones físicas del territorio en el cual se desarrollan los barrios precarios.

Las autoras visan una orientación más realista de intervención en zonas vulnerables en los países en desarrollo, reduciendo las operaciones de desplazamiento de las poblaciones en provecho de acciones más especificas. Esta aproximación del problema sugiere el análisis en detalle de ciudades tanto modernas como milenarias, en el Mediterráneo como en América del Sur, que se han desarrollado en terrenos en faldas de cerros y sobre las franjas de ríos. Un interés particular será dado al sistema de terrazas.

Finalmente, podemos decir que la rehabilitación nos parece una vez más una solución viable al problema de protección ambiental de zonas ocupadas por los asentamientos humanos informales, donde la tierra en sus diversas modalidades se presenta como una opción sostenible.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, J. **John Abbott, Urbaniste Sud-African : recoudre le tissu urbain.** Le Courrier de l'Unesco, mars, 2000. pp.46-50. Disponible en: //www.unesco.org/courier/2000_03/fr/dires/txt1.htm

ABRAMS, C. **Squatter settlements: the problem and the opportunity***,* pour Division of International affaires, Department of housing and urban development, Washington, ideas and methods exchange No. 63, 302, Urban Planning, 1966.

AITEC. **L'intégration des quartiers irréguliers - Un état du débat en Asie et en Amérique Latine.** Pratiques Urbaines 12, Paris, 1995.

BAPAT, M. **Participation communautaire et Bidonvilles : qui profite ?,** CRDI, 1989. Disponible en : //idrinfo.idrc.ca/Archive/ReportsINTRA/pdfs/v18n1f/111449.pdf (página consultada el 05/07/2002).

BASSAN, M., y al., **Métropolisation crise écologique et développement durable**. Presses polytechniques et universitaires romandes, Paris, 2000. 299p.

BERENSTEIN-JACQUES, P. **Les Favelas de Rio – Un enjeu culturel**. L'Harmattan, Paris, 2001. 176p.

BID. **El Desafío de los Desastres Naturales en América Latina y el Caribe – Plan de acción del BID.** mars, BID, Washington D.C., 2000. 28p.

CERNEA, Michel M. Metropolitain Development and Compulsory Population Relocation : Policy Issues and Project Experiences in **Regional Development Dialogue** Vol. 10, No. 4, 1989. pp.88-106.

CNUEH **Amélioration Physique des Taudis et des Bidonvilles**. Nairobi : CNUEH, 1981. 108p.

CRATerre – Centre de Recherche et D'Application – Terre. **Construire em terre.** Alternative et Parallèles: Paris (Colection An Architecture), 1979.

CRED. **De la répartition des catastrophes naturelles à l'évaluation du niveau global de risque, le rôle des aléas et de la vulnérabilité**, 2001. Disponible en : //www.cred.be/centre/publi/171f/ch01.htm#TopOfPage

CYTED/PROTERRA. **Técnicas mixtas de construcción con tierra.** Edit. C. Neves. CYTED/PROTERRA: Salvador de Bahia, Brasil, 2003.

CYTED. **Hábitat en riesgo-Experiencias Latinoamericanas.** Argentina : Red XIV-G 'Habitat en riesgo', 2003. 215p.

CYTED. **Módulos de consulta y aprendizaje para participantes, en la preparación para desastres.** Argentina, Red XIV-G 'Habitat en riesgo', 2003,.

D'ERCOLE, R. **Représentations cartographiques des facteurs de vulnérabilité des populations exposées à une menace volcanique : application à la région du volcan Cotopaxi (Équateur).** Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines, Tome 25 No, 23, IFEA-ORSTOM-CIFEG, 1996. pp.479-507.

D'ERCOLE, R. y al., **Croissance urbaine et risques naturels : présentation introductive**. Bulletin de l'Association des Géographes français. 1995. pp. 311-341.

DESROSIERS, L. **Relocalisation des Squatters Riverains dans le delta du Mékong, Vietnam: Étude de cas de Can Tho,** Projet de Recherche Supervisé, School of Urban Planning McGill University, 1997. 91p.

DURAND-LASSERVE A. y al., **Synthèse des études de cas préparatoire au débat, in AITEC, 1995. L'intégration des quartiers irréguliers – Un état du débat en Asie et en Amérique Latine**. Paris : AITEC, 1995. pp.13-28.

ÉRARD, P. **Les catastrophes naturelles et le 1/3 monde,** Action d'Urgence Internationale, 1995. 60p.

FLORES, R. y al., **Strategies for improving the quality of the built environment and urban infrastructure developed by residents of squatter settlements situated in hazardous areas.** INRS, Montréal, Canada, 2004. 20p.

HABITERRA. **Arquitecturas de tierra en iberoamérica**. Programa de Ciência y Tecnologia para el Desarrollo... Buenos Aires, 1994.

HARDOY, Jorge y al., **Squatter citizen – Life in the Urban Third World**, Earthscan Publications Ltd., London, 1989.

LEDOUX, B. **Les catastrophes naturelles en France,** Documents Payot, Paris, 1995. 455p.

MACHACO DE MELLO BUENO, L. **Métodos de ação em Favelas**. Faculdade de arquitetura e urbanismo, Universidade de São Paulo, 1995.

MANGIN, W. **Latin American squatter settlements : A problem and a solution**. Latin Américan research review, Vol II, No. 3, 1967. pp.65-98.

MATHUR, H. M. et al., **Development, Displacement, and Resettlement: Focus on Asian Experiences.** New Delhi: Vikas Publishing House PVT Ltd, 1995. 260p.

NATIONS UNIES. **Principes Directrices pour la prévention des catastrophes-Aménagement préalable des établissements humains.** Vol 1, Bureau du Coordonnateur des Nations Unies pour les secours en cas de catastrophe, Genève, 1976.

NEVES, C. M. M. Inovações tecnológicas em construção com terra na ibero-américa. In: **Workshop Arquitetura de Terra**. São Paulo, 1995. *Anais...* São Paulo: FAUUSP, 1995.

PETAK, W. J. y al., **Natural Hazard Risk Assessment and Public Policy-Anticipating the Unexpected.** Springer-Verlag New York Inc., New York, 1982. www.worldbank.org/html/fpd/dmf/risk_management.htm. (page consulté le 15/10/01).

PNUD. **Mitigation des Catastrophes – Programme de formation à la Gestion de Catastrophes**, Cambridge, Royaume – Uni, 1993. 65p.

REGIAO METROPOLITANA DE RECIFE. **Morros, Manual de ocupação** – Como estabilizar as encostas http://www.proventionconsortium.org/files/morros/Cap10.pdf (página consultada el 10 de junio del 2004), Parte D, 2004. 40p.

RESTREPO-TARQUINO, Ines et al., **Analyse comparative de trois études de cas sur les établissements urbains informels en Amérique Latine : Brésil, Pérou et Colombie.** Rapport pour HEC, Habitat and Environmental Commitee, Santiago de Cali, juin, 1998.

SANDERSON, D. **Villes, catastrophes naturelles et moyens de subsistance.** 2002**.** 12p. //www.carefrance.org/wcm_uploads/Dossier_complet_axe_dvlpt_urbain1.pdf

SANTOS CARVALHO, C. **Gerenciamento de riscos geotécnicos em encostas urbanas: uma proposta baseada na análise de decisão.** Thèse de Doctorat. École Polytechnique de l'Université de Sao Paulo (Ingénierie de sols), Sao Paulo, 1996. 192p.

SATTERTHWAITE, D. **Urbanization and sustainable development in the third world: an unrecognised global issue.** UNCHS (Habitat), Nairobi, 1989.

SCHON, A. D. y al., **Frame reflection. Toward the Resolution of intractable Policy Controversies.** Basic Book, New York, 1994.

TURNER, J. Barriers and channels for housing development in modernizing countries, in **Journal of the American institute of planners**, may 1967, 1967. pp.167-181.

----------------Housing priorities, settlements patterns, and urban development in modernizing countries, in **Journal of the American institute of planners**, november 1968, 1968. pp.354-363.

CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NO RIBEIRÃO PIRAJUSSARA, S.P., VISANDO A PREVENÇÃO DE ENCHENTES

CANIL, K.[1]
ALAMEDDINE, N.[1]
OLIVEIRA, R.A.[1]

[1]Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT.
Avenida Prof. Almeida Prado, 532 cep 05508-901 – São Paulo, SP.
canilkat@ipt.br; nabil@ipt.br

CANIL, K.; ALAMEDDINE, N.; OLIVEIRA, R. A. Caracterização de áreas de produção de sedimentos no Ribeirão Pirajussara, S.P., visando a prevenção de enchentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 434-442. (CD-ROM)

RESUMO
Esse artigo apresenta os resultados do projeto Bases técnicas para prevenção e controle de erosão na bacia do ribeirão Pirajussara, municípios de São Paulo, Taboão da Serra e Embu – Projeto Erosão Zero, elaborado pela equipe técnica da área de Processos e Riscos Geológicos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. A bacia hidrográfica do ribeirão Pirajussara sofre há muitos anos sérios problemas referentes às inundações durante o período chuvoso. Dentre as principais causas associadas à ocorrência de inundações, destacam-se os processos erosivos e o assoreamento dos canais fluviais. Os processos erosivos desenvolvem-se principalmente em áreas desprovidas de cobertura vegetal, que se tornam terrenos frágeis e sucumbem perante a expansão urbana acelerada e desordenada, bem como de áreas sem infra-estrutura urbana. Como conseqüência, uma grande quantidade de sedimentos é transportada pelos canais fluviais da bacia e passa a assorear cursos d'água e reservatórios de abastecimento e, conseqüentemente, provocar as inundações. Dessa forma foi realizado o mapeamento para identificação e caracterização das áreas de produção de sedimentos e estabelecimento de um banco de dados referente ao cadastro das áreas de erosão. A partir do reconhecimento dessas áreas foi apresentado um quadro de soluções de engenharia visando o controle de erosões e a contenção de sedimentos em áreas críticas e a estabilização das margens dos cursos d'água, incluindo diretrizes para recuperação de cabeceiras de drenagem. Com isso estima-se que a diminuição dos volumes de material produzido por essas áreas seja um fator importante na redução das enchentes.
Palavras-chaves: bacia hidrográfica, erosão, assoreamento, enchente.

ABSTRACT
This paper presents the results of the project *Technical Bases for prevention and control erosion in the basin drenaige of Pirajussara stream - São Paulo, Taboão da Serra and Embu municipalities*. The project was developed by the Geologic Risks and Processes technical team of the Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. The basin drenaige of the Pirajussara stream has been affected by floods during the rainy period, for many years. The mainly causes related to the flood occurrences are the erosive processes and the silting of the fluvial channels. The erosive processes are mainly developed in areas without vegetal covering that has turned into fragile lands, which process is accelerated, not only with the disordered urban expansion but also in areas without urban infrastructure. As a consequence, the fluvial channels of the basin carry a great amount of sediments to the water courses, causing the silting of the reservoirs and floods. Based in the situation, it was elaborated a mapping of the sediment production areas and prepared a database with the erosive areas. From the identification of these areas, engineering solutions were presented aiming at the control of the erosions, the contention of sediments in critical areas and the stabilization of the watercourses borders, including measures for recovering the stream heads. By these measures, it is estimated to diminish the sediment yield in order to avoid floods events.
Key-words: Basin Drenaige, erosion, silting, flooding.

1. INTRODUÇÃO

A bacia do ribeirão Pirajussara (FIGURA 1), com uma área de 73,1 km^2 abrange os territórios dos municípios de São Paulo com 40,6 km^2 (Subprefeitura do Butantã 23,4 km^2

e Subprefeitura do Campo Limpo 17,2 km^2), Embu (12,3 km^2) e Taboão da Serra (20,2 km^2), no Estado de São Paulo.

Segundo estudos realizados (IPT, 1992), a bacia apresenta terrenos de alta suscetibilidade à erosão. A área é caracterizada predominantemente por relevo de morrotes e substrato de rochas cristalinas. Os terrenos de baixa erodibilidade restringem-se à planície aluvionar junto ao rio Pinheiros e porções colinosas constituídas por sedimentos terciários. Diversos fundos de vale, principalmente dos afluentes de cabeceiras são ocupados irregularmente, não apresentando cobertura vegetal ao longo de suas margens, o que favorece o desenvolvimento de processos erosivos (solapamento de margem fluvial).

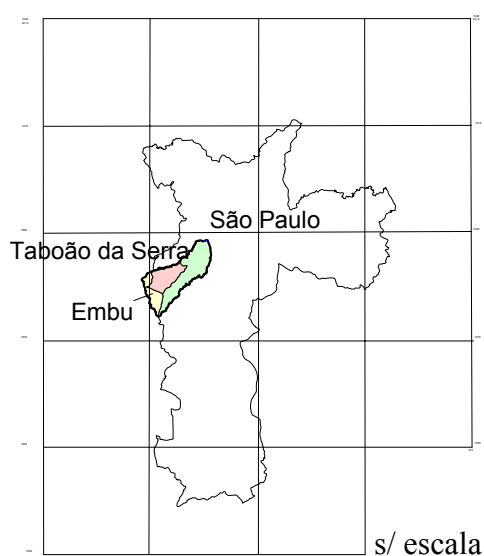



FIGURA 1 – Localização da Bacia do Ribeirão Pirajussara.

Estima-se que 88% da área da bacia esteja urbanizada. As áreas consolidadas e com infra-estrutura correspondem às colinas e planícies (maior parte da região da Subprefeitura do Butantã), enquanto as áreas urbanas parcialmente consolidadas e parceladas correspondem aos setores de relevo de maior declividade. São essas últimas que constituem as principais fontes produtoras de sedimentos concentrando-se principalmente nas cabeceiras do ribeirão Pirajussara (município de Embu, divisa com a área do Campo Limpo) e ribeirão Poá (município de Taboão da Serra).

2. MÉTODO

As feições erosivas, escorregamentos e solapamento de margens fluviais consistem em processos naturais que estão fortemente associados às mudanças da dinâmica do ambiente. No caso de áreas urbanas ou em processo de urbanização, os processos erosivos desenvolvem-se a partir das diversas intervenções antrópicas.

Para caracterizar as áreas produtoras de sedimentos da bacia foi estabelecida uma legenda para identificação de tipos de intervenção com alta potencialidade para deflagração desses processos, a saber:

a) terreno com solo exposto (engloba área de terraplenagem e terrenos particulares sem cobertura vegetal);
b) área urbana com alta densidade de ocupação (loteamento sem infra-estrutura);
c) área urbana com baixa densidade de ocupação (loteamento sem infra-estrutura);
d) área parcelada (loteamento em fase de consolidação, sem infra-estrutura, sem pavimentação e com exposição do solo nos lotes e sistema viário);
e) margem de curso d'água sem proteção vegetal (associada ao processo de solapamento); e
f) áreas críticas (situações nas quais vários fatores atuam em conjunto).

Para a identificação das áreas de ocorrência dos processos erosivos e intervenções antrópicas foram utilizadas fotografias aéreas na escala 1:6.000, do ano de 2000 (PMSP - RESOLO), com recobrimento apenas para o município de São Paulo, e fotografias aéreas escala 1:15.000 do ano de 2001, para complementação das áreas contidas nos municípios de Embu e Taboão da Serra.

Após as atividades de fotointerpretação foram realizados os trabalhos de campo para verificação das áreas, com objetivo de caracterizar a dinâmica dos processos e das alterações antrópicas associadas à produção de sedimentos. Os resultados da avaliação de campo juntamente com a definição de medidas de prevenção e controle dos processos e intervenções observadas estão sistematizados em fichas de cadastro, constituindo o banco de dados que, associados à base cartográfica digital, atendem ao monitoramento e gerenciamento da bacia.

As áreas produtoras de sedimentos e os processos erosivos identificados na bacia do ribeirão Pirajussara estão apresentados no Mapa de Áreas de Produção de Sedimentos da Bacia do Ribeirão Pirajussara. O software utilizado para sua elaboração foi o *MapInfo*, versão 6.5.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Mapa de Áreas de Produção de Sedimentos da Bacia do Ribeirão Pirajussara (FIGURA 2) foram identificadas 374 áreas de terreno com solo exposto, cerca de 25 áreas urbanas sem infra-estrutura, 6 áreas parceladas, 38 trechos de curso d'água com processos

de solapamento de margem fluvial e 50 áreas críticas que envolvem diversos tipos de intervenções conjuntas e necessitam de ações prioritárias para minimizar os impactos. Dessas 50 áreas, 5 estão no município de Embu, 20 em Taboão da Serra e 25 em São Paulo (11 na região do Campo Limpo e 14 na região do Butantã). A FIGURA 3 apresenta um modelo de ficha de cadastro de área crítica.

O ribeirão Pirajussara tem suas nascentes entre os municípios de Embu (margem esquerda) e São Paulo - área do Campo Limpo – (margem direita). O seu principal afluente é o ribeirão Poá, que nasce no município de Taboão da Serra e deságua no Pirajussara à jusante do Piscinão da Av. Francisco Morato. A partir deste trecho, o Pirajussara corre por território do Butantã. A análise da ocorrência dessas intervenções, de montante para jusante da bacia, permite tecer algumas considerações.

As áreas críticas de maior produção de sedimentos encontram-se nos afluentes do ribeirão Poá (município de Taboão da Serra) e nas cabeceiras dos afluentes da margem esquerda (município de Embu), sendo que esses são os tributários mais significativos do ribeirão Pirajussara.

Dentre as áreas mais críticas do município de Embu, três correspondem aos loteamentos ainda não consolidados, com infra-estrutura precária ou inexistente. Parte do material produzido é carreada pelos afluentes que drenam direto para o ribeirão Pirajussara.

Taboão da Serra apresenta 20 áreas críticas, correspondendo em sua maior parte às áreas de expansão urbana. São em geral grandes loteamentos, que ainda não dispõem de infra-estrutura adequada, com baixa a média ocupação, caracterizando "vazios" com solo exposto. Estão localizados em áreas de declividade acima de 20% que, submetidas à ação das águas pluviais mostram-se suscetíveis às perdas de solo.

A porção da bacia que corresponde ao município de São Paulo tem na região que abrange os afluentes de cabeceiras do ribeirão Pirajussara (área do Campo Limpo) cerca de 11 áreas críticas e um número expressivo de terrenos com solo exposto. Essas áreas estão, em grande parte, associadas aos assentamentos urbanos precários (favelas) e também aos processos de solapamento de margens fluviais, devido à falta de proteção dos canais.

Na região do Butantã foram identificadas 14 áreas críticas destacando-se os terrenos com solo exposto e também algumas margens de córrego sem proteção e com processos de solapamento.

A região do Butantã encontra-se em zona urbana consolidada, porém ainda existem algumas áreas públicas que necessitam de conservação e monitoramento (praças, áreas de

lazer, ruas sem pavimentação, canais fluviais). Nota-se, também, a presença de muitos terrenos (áreas particulares) que estão sem cobertura vegetal e, portanto, ficam expostos aos processos erosivos (sulcos e ravinas). Uma dessas áreas encontra-se ao longo da saída da rodovia Raposo Tavares com Avenida Min. Lauro Ferreira de Camargo, próximo ao viaduto do Peri-Peri. Desde que este projeto teve início, a área tem sido monitorada e o processo erosivo vem aumentando significativamente. Como não há nenhum tipo de cobertura vegetal no solo e nem sistema de drenagem, em dias de chuva observa-se uma grande quantidade de sedimentos que é carreada para a rua de saída da Rodovia Raposo Tavares.

Outra área crítica é o Parque Raposo Tavares, construído em local de antigo lixão da cidade de São Paulo, cuja disposição de lixo foi suspensa em 1979. Atualmente conta com um projeto para recuperação de uma erosão, e está sob a coordenação do Departamento de Parques e Áreas Verdes – Depave – Prefeitura Municipal de São Paulo.

Para a prevenção e controle desses processos, bem como a minimização de conseqüências negativas provocadas pelas intervenções antrópicas podem adotam-se as seguintes medidas:

a) Medidas de Controle: tem como objetivo garantir a estabilização da evolução dos processos em franco desenvolvimento, bem como recuperar áreas atualmente degradadas. Devem ser eficientes, econômicas e aplicadas conforme as necessidades locais. Dentre elas destacam-se: microdrenagem, macrodrenagem, obras de extremidade, pavimentação, estabilização de taludes, revegetação, estabilização de talvegues, disciplinamento das águas subterrâneas e conservação das obras;
b) Medidas de Prevenção: evitam a deflagração de novos processos erosivos, visando a minimização da produção de sedimentos. O controle preventivo de erosões e da produção de sedimentos em áreas urbanas consiste basicamente no planejamento da ocupação das áreas de expansão e no caso de áreas já ocupadas, na redução dos efeitos negativos da ocupação desordenada. No planejamento da ocupação urbana, conhecer as características geológico-geotécnicas do terreno é importante para adotar as medidas adequadas para minimizar a produção e o aporte de sedimentos durante a execução dos movimentos de terra na fase de parcelamento do solo e no projeto e instalação do sistema viário, período em que a superfície do solo fica mais exposta.

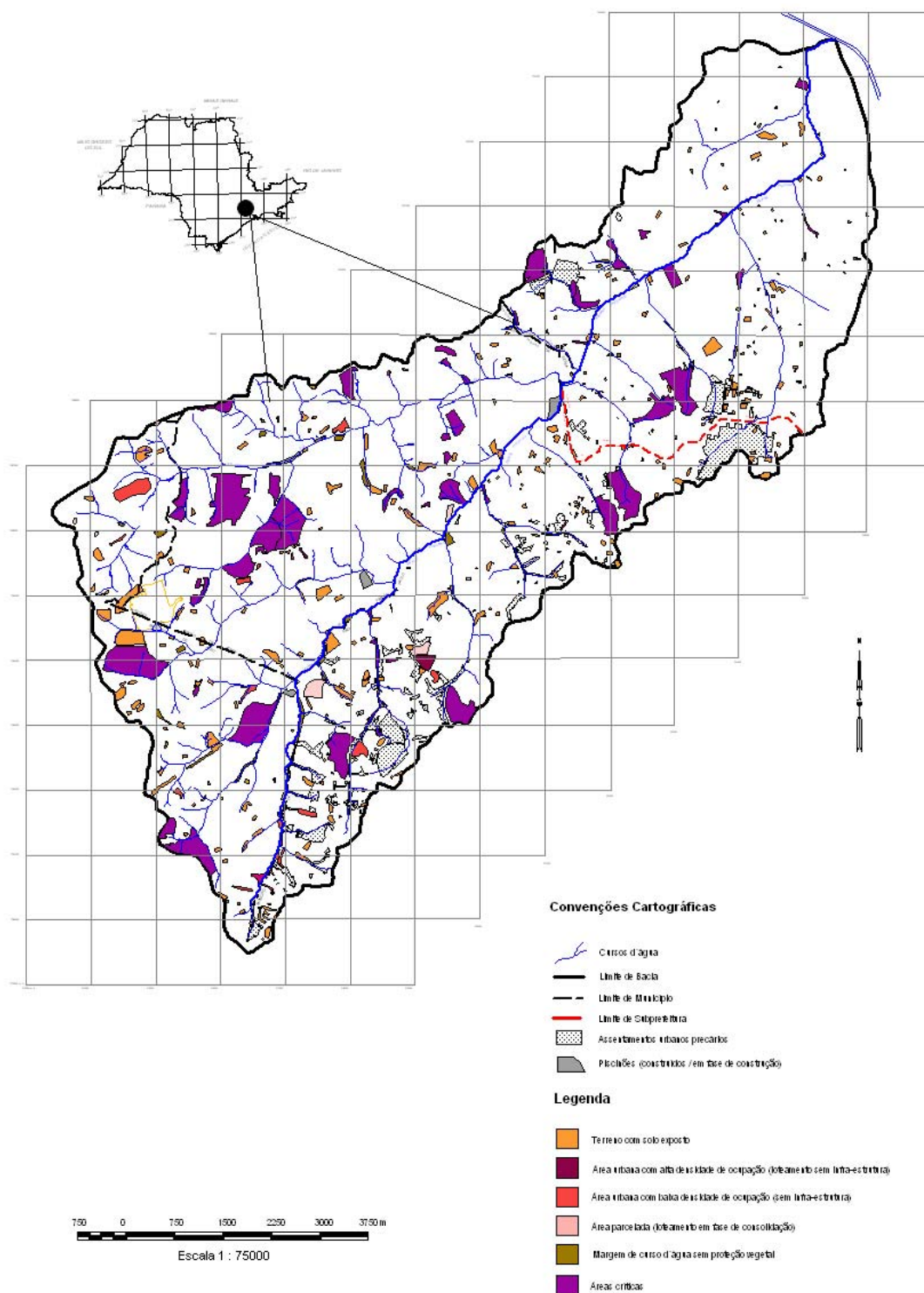



FIGURA 2: Mapa de Produção de Sedimentos da Bacia do Ribeirão Pirajussara

ÁREA CRÍTICA

São Paulo - Região do Butantã

BACIA: RIBEIRÃO PIRAJUSSARA

ÁREA: BT-8

FAIXA: 10 FOTOGRAFIA AEREA: 103 ESCALA: 1:6.000

COORDENADA N: 7.390.072

COORDENADA E: 320.874

LOCALIZAÇÃO:
Parque Raposo Tavares (rua Dênis Chaudet)

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA:
Feições erosivas em cabeceiras de drenagem (sulcos e ravinas instalados na linha do talvegue, nos trechos com solo exposto e ao longo da via de acesso à saída do Parque).

OBRAS E MEDIDAS RECOMENDADAS
Execução de sistema de drenagem superficial, obsevando as peculiaridades existentes, em função do parque ter sido construído sobre antigo lixão. Por se tratar de uma área que provavelmente esteve sujeita à contaminação do solo e do lençol freático, sugere-se constante monitoramento. Atualmente já existe um projeto no DEPAVE - Departamento de Parques e Áreas Verdes da PMSP - para controle do processo erosivo.

Foto 1: Parque Raposo Tavares. Vista para jusante da linha de drenagem. Observar o acúmulo de água (chorume).

Foto 2: Parque Raposo Tavares. Detalhe do processo erosivo (presença de sulcos e ravinas).

Este é um arquivo digital para consulta. O original deste Relatório, impresso em papel com a marca d'água IPT e devidamente assinado, é o único documento referente ao assunto aqui abordado que possui validade legal

FIGURA 3: Ficha de Cadastro de Área Crítica do Parque Raposo Tavares

4. CONCLUSÃO

O histórico das ocorrências de enchentes na bacia do ribeirão Pirajussara mostra que são vários os fatores que contribuem para os impactos resultantes na bacia. Conforme apresentado, a bacia tem parte de suas cabeceiras na divisa da região do Campo Limpo e Embu e outra parte no município de Taboão da Serra, onde nasce seu principal afluente, o ribeirão Poá.

Em relação ao município de São Paulo, essas áreas periféricas com infraestrutura deficiente caracterizam uma paisagem muito degradada, pois são inúmeros os assentamentos urbanos precários (desprovidos essencialmente de pavimentação e saneamento básico). O acelerado adensamento da ocupação, avançando para além dos limites da faixa de preservação dos cursos d'água, sufoca a capacidade de vazão dos mesmos, que recebem todos os dias grande quantidade de sedimentos provenientes dos processos erosivos, lixo e esgoto.

Apesar de se constatar diversos tipos de materiais no leito dos cursos d'água, o principal deles corresponde aos sedimentos provenientes das diversas formas de intervenção antrópica nos terrenos, desde a retirada da cobertura vegetal, realização de obras (precárias ou não) e até a falta de monitoramento para recuperação das áreas e minimização da continuidade do aporte de sedimentos para os cursos d'água.

O reconhecimento das principais áreas de produção de sedimentos da bacia do ribeirão Pirajussara, a indicação de medidas de controle de erosão e monitoramento da bacia ora apresentados constituem ações que visam a redução do aporte de sedimentos para a bacia.

Porém ainda é necessária a consolidação de uma política de gerenciamento da bacia do Pirajussara, que deve ser discutida em conjunto com os três municípios que integram a área e, principalmente, que esteja integrada com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, colegiado responsável pela implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos.

Atualmente as áreas mais críticas encontram-se nos trechos de cabeceiras e as mais afetadas, nos fundos de vale, principalmente em trechos de jusante e planícies do Pirajussara e alguns afluentes.

Ressalta-se a importância do acompanhamento da situação das áreas críticas por meio do sistema de informação geográfica apresentado neste trabalho, que dispõe de todo o cadastro da bacia. Acrescenta-se também a importância de se priorizar a categoria áreas

críticas para a implementação de medidas estruturais que visem a redução de produção de sedimentos na bacia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FENDRICH, R. et al. **Drenagem e controle da erosão urbana**. 3 ed. Curitiba: Educa. 442p.

FREITAS, C.G.L. de. **Habitação e Meio Ambiente: Abordagem integrada em empreendimentos de interesse social.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2001. (Publicação IPT 2768). http: www.daee.sp.gov.br/serviços/macrodrenagem/ pirajussara/arquivoscap1-8.html.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Carta Geotécnica da Grande São Paulo. Subsídios geotécnicos para o planejamento urbano**. São Paulo, IPT, 1984 (Relatório IPT n^{0}19.817)

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Erosão e Assoreamento nas bacias dos rios Tietê e Pinheiros na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP: diagnóstico e diretrizes para a solução do problema**. São Paulo, IPT, 1993, v.1 (Relatório IPT n^0 30.796).

OSTROWSKY, M.de S.B. **The adoption of non-structural measures for flood control in Pirajuçara creek basin.** In: International workshop on non-structural flood control in urban areas. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1998.

GESTÃO DA ÁGUA NO MEIO URBANO E CONTROLE DE INUNDAÇÕES

JOAQUIM GONDIM FILHO[1]
VIRGÍNIA VALLADARES RODRIGUES MEDEIROS[1]

[1]Agência Nacional de Águas – ANA
Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Bloco L
70.610-200 – Brasília –DF
joaquim@ana.gov.br; virginia@ana.gov.br

GODIM FILHO, J.; MEDEIROS, V. V. R. Gestão da água no meio urbano e controle de inundações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 443-453. (CD-ROM)

RESUMO
A ocorrência de inundações em áreas urbanas e ribeirinhas, no Brasil, tem-se intensificado e tornado mais freqüente a cada ano. Este agravamento é função tanto da crescente impermeabilização do solo decorrente da urbanização acelerada, como da imprevidente ocupação urbana de áreas ribeirinhas, que sempre constituíram os leitos naturais dos cursos de água. A combinação desses processos conduz a picos de vazão cada vez mais difíceis de controlar mediante intervenções estruturais tradicionais voltadas à ampliação das capacidades de escoamento superficial, o que tem aumentado sensivelmente o potencial benefício tanto de dispositivos de detenção, como de medidas não-estruturais de caráter essencialmente preventivo. Essas últimas implicam a necessidade de uma articulação crescente com os sistemas de gestão urbana, considerando que as competências para administrar instrumentos de controle de uso e ocupação do solo, bem como para impor padrões de edificação e gabaritos urbanísticos, extrapolam o âmbito de ação normativa e reguladora dos Sistemas Nacional e Estaduais de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Como regra, essas matérias pertencem à esfera de competência dos municípios, não se excluindo, porém, uma forte interação com os poderes públicos estaduais, nos casos de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, sobre as quais se aplicam os princípios constitucionais de cooperação no exercício de funções públicas de interesse comum. Este trabalho visa a apresentar alternativas de integração da drenagem urbana com o controle de inundações, como parte de um sistema ambiental mais amplo inserido no contexto das políticas urbana, ambiental e de defesa civil.
Palavras-chave: água, meio urbano, controle de inundações.

WATER MANAGEMENT IN THE URBAN ENVIRONMENT AND FLOOD CONTROL

ABSTRACT
Each year, the occurrence of floods in urban and river side areas has become more frequent and intense in Brazil. Flood worsening conditions is a function of both the increasing rate of soil paving, due to accelerated urbanization, and of urban occupation of river side areas, which have always been part of the natural riverbeds. The combination of these processes lead to peak river flows which are increasingly harder to control by means of conventional structural interventions used to increase surface area flows. This has caused an increasing awareness of the value of water detention devices, together with non-structural preventive control measures. The latter stress the increasing need for articulation with urban management systems, considering that the role of managing instruments to control soil use and its occupation, as well as enforcing codes for building and urban development, is beyond the regulative role of the Water Resources Management Systems, at both State and National levels. As a rule, these matters fall within the roles of municipalities. These, however, strongly interact with State authorities, in the cases of Metropolitan Areas, urban agglomerations and micro-regions, as they fall under the constitutional principles of cooperation in cases involving public powers with common interests. This work seeks to present alternatives for the integration of urban drainage and flood control, as part of a broader environmental system inserted in the context of the policies of urban, environmental and civil defense.
Key-words: water, urban areas, flood control.

1. INTRODUÇÃO

Os efeitos do processo de desenvolvimento urbano refletem sobre toda a infra-estrutura urbana, em particular sobre aquela relativa a recursos hídricos (sistema de esgotamento sanitário, sistema de abastecimento de água, resíduos sólidos e sistema pluvial), gerando impactos de natureza diversa (sociais, econômicos e ambientais) em função do inadequado gerenciamento da água.

De fato, a ocorrência de inundações em áreas urbanas e ribeirinhas, no Brasil, tem-se intensificado e tornado mais freqüentes a cada ano. Este agravamento é função tanto da crescente impermeabilização do solo decorrente da urbanização acelerada, como da imprevidente ocupação urbana – muitas vezes associada à canalização de córregos – em áreas ribeirinhas que sempre constituíram os leitos naturais dos cursos de água. A combinação desses processos conduz a picos de vazão cada vez mais difíceis de controlar mediante intervenções estruturais tradicionais voltadas à ampliação das capacidades de escoamento superficial, o que tem aumentado sensivelmente o potencial benefício tanto de dispositivos de detenção, como de medidas não-estruturais de caráter essencialmente preventivo. Estas últimas implicam a necessidade de uma articulação crescente com os sistemas de gestão urbana, considerando que as competências para administrar instrumentos de controle de uso e ocupação do solo, bem como para impor padrões de edificação e gabaritos urbanísticos, extrapolam o âmbito de ação normativa e reguladora dos Sistemas Nacional e Estaduais de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Como regra, essas matérias pertencem à esfera de competência dos municípios, não se excluindo, porém, uma forte interação com os poderes públicos estaduais, nos casos de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microregiões, sobre as quais se aplicam os princípios constitucionais de cooperação no exercício de funções públicas de interesse comum.

Todas as atividades relacionadas com o uso e ocupação do solo, bem como o uso e o controle dos recursos hídricos de uma bacia, são vinculadas pelo movimento da água, através de seu território. Assim, as interdependências entre as atividades deve ser definida a partir do planejamento e gestão da água no meio urbano.

2. OBJETIVOS

Os objetivos gerais visam à integração da drenagem urbana e do controle de inundações como parte de um sistema ambiental mais amplo, como tal merecedora de atenção equivalente à que a sociedade hoje dispensa à sustentabilidade ambiental. Longe

de constituir problema isolado de competência setorial estrita, o controle das inundações urbanas e ribeirinhas deve inserir-se entre as prioridades das políticas urbana, ambiental e de defesa civil, dentre outras políticas consideradas como intervenientes, exercidas nas diferentes esferas de competência legalmente estabelecidas. É com essas esferas que as alternativas de integração da drenagem urbana com o controle de inundações apresentadas neste trabalho devem articular-se.

3. METODOLOGIA

Em princípio, as alternativas deverão ser estruturadas em torno de três grandes componentes, a saber:

- incentivo às boas práticas e à inovação;
- gestão de águas urbanas;
- gestão de inundação ribeirinhas.

No âmbito desses grandes componentes, devem ser estabelecidos objetivos específicos e as atividades devem ser organizadas em torno de linhas de apoio, como por exemplo, desenvolvimento tecnológico, institucional, jurídico-legal, econômico-financeiro, de planejamento e de gestão e operação. A lista de conteúdos e ações passíveis de serem executadas deverá ser elaborada na forma de "check list" e hierarquizada, de maneira a possibilitar várias formas de aglutinação ou desmembramento. Isto dará origem a distintas alternativas e prioridades de estratégias, definindo níveis diferenciados de apoio: básico, intermediário e avançado.

Para cada componente, devem ser definidos critérios de seleção para as ações elegíveis, que contemplem inclusive o estágio de implementação das Políticas e dos Sistemas Estaduais de Gerenciamento de Recursos Hídricos e a prioridade conferida à bacia hidrográfica tanto por parte da ANA, quanto por parte do órgão estadual gestor de recursos hídricos, sobretudo quando se tratar do estabelecimento de ações de controle e prevenção de inundações para bacias hidrográficas.

Particularmente, no que concerne ao público-alvo, as atividades aqui apresentadas podem apoiar municípios, entidades regionais (metropolitanas, de aglomeração urbana e micro-regionais, dentre outras) e entidades de gestão de recursos hídricos e de bacias hidrográficas.

4. DISCUSSÕES

A seguir, as linhas de apoio são listadas de forma sistemática, com o objetivo de reunir as atividades relacionadas com a gestão da água no meio urbano e o controle de inundações.

4.1 Desenvolvimento institucional

- Articulação interinstitucional e intersetorial

- Articulação interinstitucional de estratégias comuns de desenvolvimento e operação setorial, englobando esgotamento sanitário, abastecimento de água, limpeza urbana, transporte e sistema viário e estabilização geotécnica.

- Capacitação técnica e gerencial dos agentes

- Reestruturação e/ou fortalecimento institucional do sistema de gestão pluvial no contexto municipal e/ou estadual

4.2 Desenvolvimento tecnológico

- Desenvolvimento e implantação de projetos e de tecnologias alternativas de drenagem urbana e controle de inundações, como por exemplo:

  - armazenamento na própria rede;
  - bacias de detenção;
  - pavimentos permeáveis;
  - poços de infiltração ou de injeção (coletivos ou individuais);
  - trincheiras de armazenamento e de infiltração;
  - valas ou valetas de infiltração e armazenamento;
  - telhados de captação de águas pluviais e posterior armazenamento.

- Desenvolvimento da gestão em tempo real:

  - mecanismos de supervisão à distância;
  - controle e gestão em tempo real das chuvas excepcionais e da rede de drenagem urbana.

- Desenvolvimento de sistemas de alerta hidrológico:

  - sistema de previsão climática;
  - sistema de coleta e transmissão de informações;

- sistema de processamento de informações;
- modelo de previsão de vazões e níveis;
- procedimentos para acompanhamento e transferência de informações para a defesa civil e sociedade;
- planejamento das situações de emergência através de procedimentos em defesa à população.

4.3 Desenvolvimento jurídico-legal

- Adaptação dos instrumentos jurídico-legais de controle de uso e ocupação do solo às prioridades definidas em planos regionais ou locais de drenagem urbana e controle de inundações. Contemplam:

- planos metropolitanos/regionais de desenvolvimento integrado;
- planos diretores municipais;
- legislação e fiscalização de uso e ocupação do solo;
- legislação e fiscalização das construções, Código de obras (em geral);
- códigos de prática de interesse da gestão da drenagem (instalações prediais de água, esgoto e águas pluviais).

- Definição e elaboração de instrumentos normativos e jurídico-legais (legislação municipal e estadual e códigos de obras urbanas e de edificações)

- Estabelecimento de legislação de proteção de mananciais de abastecimento público

4.4 Desenvolvimento econômico-financeiro

- Uso de instrumentos econômicos:

- incentivos fiscais à ampliação de áreas permeáveis
- mecanismos de compensação à manutenção de matas ciliares e áreas de preservação ambiental de interesse à drenagem urbana e ao controle de inundações;
- aplicação da cobrança pela superfície impermeabilizada;
- incentivos fiscais ao armazenamento pluvial .

- Desenvolvimento de estudos relativos à compra de áreas inundáveis

- Estudos sobre seguro inundação

4.5 Desenvolvimento do planejamento

- Apoio ao desenvolvimento de planos regionais e locais de prevenção e controle de inundações e gestão da água urbana (integrando macro e microdrenagem):

- diretrizes para o desenvolvimento de planos regionais e locais;
- apoio financeiro para o desenvolvimento de planos regionais e locais.

- Apoio ao desenvolvimento de planos diretores urbanos, planos de uso e ocupação do solo e planos diretores de drenagem urbana

- Integração dos instrumentos de controle de uso e ocupação do solo a prioridades dos planos de drenagem urbana:

- fixação de diretrizes de adensamento, expansão, contenção e redução da ocupação urbana às vazões de restrição definidas em plano regional ou local de drenagem;
- manejo conjunto de diretrizes de ocupação e uso do solo em áreas de proteção a mananciais, tendo em vista o controle da poluição difusa;
- classificação de usos específicos de acordo com o impacto potencial sobre os sistemas de drenagem.

- Desenvolvimento de padrões arquitetônicos e urbanísticos voltados à prevenção e ao controle de inundações:

- padrões de vias, praças e jardins:

  a) padrões de guias, sarjetas e seções viárias associadas a distintos objetivos de melhoria de escoamento superficial ou de aumento de capacidade de detenção;

  b) padrões de projeto e manutenção de praças, jardins e equipamentos urbanos em geral com vistas à maximização de infiltração.

- componentes e sistemas das edificações (competências dos códigos de edificações):

  a) coeficientes de aproveitamento e taxas de ocupação compatíveis com parâmetros de adensamento/verticalização definidos em conformidade a vazões de restrição;

  b) normas para projeto e manutenção de dispositivos de detenção de acordo com os impactos esperados por tipo de empreendimento (classificação de uso);

  c) diretrizes para pavimentação e ocupação dos subsolos voltadas à preservação das capacidades de infiltração;

  d) diretrizes para projetos de coberturas.

- Projetos de dispositivos de retardamento e detenção como partes de planos abrangentes de controle e prevenção de inundações

- Estudos de determinação de parâmetros quantitativos e qualitativos referentes à água pluvial

- Desenvolvimento de metodologias relativas à gestão, operação e manutenção de sistemas pluviais

- Desenvolvimento de projetos e planos de proteção de mananciais superficiais e subterrâneos de abastecimento urbano

- Elaboração de projetos de galerias técnicas em áreas urbanas adensadas

- Definição de planícies de inundação e estudos sobre avaliação de cenários de risco

- Mapeamento de zonas de recarga em áreas urbanas

- Desenvolvimento de projetos de relocação de populações situadas em áreas de risco

- Desenvolvimento de projetos de renaturalização de cursos de água em áreas urbanas

- Estudos relativos à outorga de efluentes de drenagem urbana

- Desenvolvimento de estudos relativos ao reuso de águas pluviais

- Desenvolvimento de estudos referentes a planos de evacuação de áreas em caso de risco de enchentes

- Elaboração de manual de drenagem urbana

4.6 Desenvolvimento da gestão e da operação

- Melhoria da capacidade de gestão dos sistemas de microdrenagem:

  - organização de rotinas para cadastro de redes;

  - dgitalização e gestão informatizada de cadastros;

- projetos de expansão/melhoria das redes baseados em informações cadastrais sistematizadas.

- Melhoria da capacidade de monitoramento:
  - ampliação do monitoramento hidrológico;
  - capacitação para a sistematização e a interpretação de dados hidrológicos;
  - articulação com sistemas de alerta e mobilização de defesa civil.

- Melhorias operacionais voltadas à identificação e ao controle da poluição difusa em dispositivos de detenção

- Articulação interinstitucional de estratégias comuns de desenvolvimento e operação setorial:
  - Esgotamento sanitário
    a) Medidas voltadas ao controle de fontes pontuais de poluição de esgoto sanitário no sistema de drenagem urbana;
    b) Compatibilização de prioridades com sistemas de tratamento de efluentes.
  - Abastecimento público de água
    a) Compatibilização de prioridades no controle de poluição difusa.
    b) Compatibilização de prioridades na recarga de aqüíferos.
  - Limpeza urbana
    a) Estratégias conjuntas do gerenciamento de resíduos com maior impacto de comprometimento das estruturas de drenagem urbana (por exemplo, garrafas PET);
    b) Compatibilização de prioridades nas rotas e freqüências de coleta;
    c) Compatibilização de prioridades com sistemas de tratamento e disposição final de resíduos.
  - Transporte e sistema viário
    a) Estratégias coordenadas de gerenciamento do sistema de drenagem e de esquemas emergenciais de trânsito na época das chuvas;
    b) Compatibilização de prioridades na hierarquização dos sistemas viário e de drenagem urbana.
  - Estabilização geotécnica
    a) Estratégias comuns de prevenção à erosão e processos de instabilidade geotécnica;

b) Articulação de prioridades e coordenação de tarefas na execução de ações corretivas.

- Sistema de Informações Gerenciais

- Recepção de informações, formação de bancos de dados de âmbito nacional:

a) Subsistema de informações hidrológicas, em articulação com outras bases existentes;

b) Subsistema de informações urbanas, em articulação com outras bases existentes.

- Disseminação de informações, apoio aos agentes e gestores

a) Subsistema de apoio à melhoria institucional, incluindo os desdobramentos, conforme respectivo componente;

b) Subsistema de apoio à gestão, acompanhamento e avaliação de obras estruturais.

- Desenvolvimento de planos de operação e manutenção

4.7 Realização de obras estruturais

- Normas e critérios de elegibilidade de obras financiáveis:

- pertinência aos planos regionais ou locais de drenagem e controle de inundações, com demonstração de benefício líquido comparativamente superior ao de medidas não-estruturais;

- definição de tipologia de obras associada aos níveis de conformidade dos agentes (tipos de obras financiáveis de acordo com o nível de conformidade atingido em cada sistema);

- diretrizes comuns para a estimativa de custos e benefícios de obras estruturais e medidas não-estruturais.

- Critérios para a avaliação de eficiência na execução de projetos e obras

- Critérios para a avaliação de eficácia de sistemas/subsistemas em operação

5. CONCLUSÃO

A Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, estabelece como missão da ANA a implementação, em sua esfera de atribuições, da Política Nacional de Recursos Hídricos e a coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SNGRH, em

particular a execução e operacionalização dos instrumentos de gestão de recursos hídricos e a instalação e o funcionamento dos Comitês e das Agências de Bacias.

A atuação da ANA obedecerá aos fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, em particular a adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e gestão de recursos hídricos, e será desenvolvida em articulação com órgãos e entidades privadas integrantes do ANA.

A ANA exerce também o papel, não menos importante, de indução de processos mediante a definição de estratégias para o estabelecimento de mecanismos de articulação e cooperação, independentemente do domínio dos corpos de água.

Torna-se assim necessária a construção de pactos entre os atores institucionais que atuam na bacia - ANA, Estados, Comitês e Agências. Esses pactos são operacionalizados por Instrumentos de Integração, cujo objetivo consiste na harmonização, entre os atores, de critérios e procedimentos para a implantação e a operacionalização dos instrumentos de gestão e a criação e o fortalecimento das instâncias descentralizadas de gestão.

A garantia de sucesso da efetivação dos Instrumentos de Integração pressupõe estruturas estaduais de gestão de recursos hídricos implantadas, fortes e em funcionamento.

Para tanto, mostra-se fundamental o apoio aos Estados por parte da ANA para a implantação e a consolidação dos sistemas estaduais de gerenciamento de recursos hídricos, de forma a efetivar a gestão em bacias compartilhadas, onde há rios de domínio da União e dos Estados, além de permitir a gestão em bacias de rios estaduais.

Esse apoio se fará por intermédio dos Instrumentos de Cooperação, visando, sobretudo, a cooperar com os órgãos estaduais gestores de recursos hídricos no que concerne à sua reestruturação e/ou fortalecimento, propiciando, assim, a implantação dos sistemas estaduais de gerenciamento, dos instrumentos de gestão, das bases técnicas e de estudos e projetos específicos, enfim de ações estruturantes de gestão, priorizadas e concertadas entre os atores.

Ademais, faz-se também necessária a estruturação de programas indutores com vistas a equacionar temas considerados como estratégicos: poluição, escassez, conservação e manejo de solo e água, conflitos de uso, uso racional e combate ao desperdício e controle de inundações.

Dessa forma, o trabalho aqui apresentado é fruto de um esforço no âmbito da Agência para sistematizar as principais atividades já conhecidas, porém dispersas por toda a literatura, atividades essas que apresentam forte interação com a questão da gestão da água no meio urbano e o controle de inundações.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem urbana**, Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH, 1995, Coleção ABRH de Recursos Hídricos v. 5. p. 426.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**, 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH, 1997, Coleção ABRH de Recursos Hídricos v. 4. p. 946.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**,. Porto Alegre: ABRH, 2003. p. 474.

CORRELAÇÃO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS, FLUVIOMÉTRICOS E MAREGRÁFICOS EM EVENTOS DE ENCHENTES/INUNDAÇÕES NO BAIXO RIO RIBEIRA DE IGUAPE (SP)

CLAUDINEI LOPES SANTANA[1]
CELIA REGINA DE GOUVEIA SOUZA[2]
JOSEPH HARARI[3]

[1]DG – FFLCH – USP
[2]IG – SMA
[3]IO – USP
claudiusant@lycos.com; celia@ig.sp.gov.br; joharari@usp.br

SANTANA, C. L.; SOUZA, C. R. G.; HARARI, J. Correlação de dados pluviométricos, fluviométricos e maregráficos em eventos de enchentes/inundações no baixo rio Ribeira de Iguape (SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 454-469. (CD-ROM)

RESUMO

Os condicionantes de inundações e enchentes em rios de regiões costeiras podem ser naturais (climatológicos, geológico-geomorfológicos da bacia de drenagem, flúvio-hidrológicos e oceanográficos) e/ou antrópicos (principalmente alterações no comportamento da rede de drenagem). No litoral do Estado de São Paulo, os maiores problemas com inundações ocorrem ao sul, na área drenada pelo maior rio costeiro paulista, o Rio Ribeira de Iguape. Os eventos mais catastróficos que atingiram os municípios do seu baixo curso (Iguape, Pariqüera-Açú e Registro), geralmente duraram dias e causaram perdas de vidas e muitos prejuízos sociais e econômicos. Este trabalho apresenta alguns resultados preliminares de um estudo analítico quantitativo, que está em desenvolvimento, sobre o comportamento de três variáveis que controlam os eventos de enchentes e inundações no curso inferior do Rio Ribeira de Iguape, a saber: precipitação pluviométrica, vazão fluvial e cota do nível de água (N.A.) do rio durante o pico dos eventos, e níveis das marés real, meteorológica ou residual e astronômica. Estão sendo estudados 25 eventos de enchente/inundação ocorridos no período de 1982 a 2001. Para o maior evento já ocorrido na região (junho/1983), os resultados obtidos até o momento revelam elevados níveis de correlação entre vazão, N.A. do rio, precipitação e Maré residual (meteorológica) em Registro, Pariqüera-Açú e Iguape. Observou-se também que a maré residual repercute de forma significativa na elevação do N.A. do rio, em seu curso inferior, uma vez que desacelera os fluxos de escoamento para o oceano.

Palavras-chave: enchentes/inundações, marés, fluviometria, pluviometria, Rio Ribeira de Iguape.

ABSTRACT

In coastal regions, floods are caused by natural conditions (hydrometeorological, geological-geomorphological characteristics of the drainage basin, hydrological and oceanographic processes) and induced by human processes (mainly due to changes in drainage network). Along the State of São Paulo coastal zone, the greater floods occur in the Ribeira de Iguape River basin. Since the last few decades, extraordinary floods have been affecting the municipalities at the lower course of this river (Iguape, Pariqüera-Açú and Registro), leading to losses of lives and socio-economic and environmental damages. This paper presents some preliminary results from an ongoing quantitative analytical study of three variables which control the flooding events in the lower course of Ribeira de Iguape River, such as: storm rainfall volume, peak discharge and water table level (W.T.) of the river, and real, meteorological and astronomical tidal levels. Twenty-five flooding events that have occurred between 1982 and 2001 were statistically analyzed. The biggest event occurred in 1983, June. Preliminary results from this event indicate a strong correlation between discharge, W.T., rainfall and residual tide at all of the studied municipalities. It was also observed that residual tides play an important role during flood events at downstream places, once river flow towards the ocean is delayed by tidal flows upstream ward.

Key-words: flooding, storm rainfall, tides, river discharge, Ribeira de Iguape River.

1. INTRODUÇÃO

Em regiões costeiras tropicais úmidas, a passagem de uma frente fria pode causar pluviosidade intensa que, se combinada aos efeitos de marés elevadas, poderá produzir acumulação de águas no interior de uma bacia de drenagem, superior àquela que os canais podem suportar, causando inundações em vastas áreas, durante algumas horas até semanas. São raros os estudos sobre causas de inundações em regiões costeiras no Brasil (Souza, 1998). Para o Estado de São Paulo, são também escassos trabalhos abordando o tema, sendo conhecidos os de Augusto Filho et al. (1993) para o Rio Perequê (Ilhabela), os de Souza (1998) para todas as bacias de drenagem do município de São Sebastião e o da Daleva (2003) para o município de Cubatão. De acordo com Souza (1998), em regiões costeiras, os fatores condicionantes de inundações/enchentes são de origem natural e antrópica. Os condicionantes naturais de inundações/enchentes em rios de regiões costeiras são fatores climatológicos, geológico-geomorfológicos (litologia, estruturas geológicas, morfometria das bacias, solos, vegetação) da bacia de drenagem, flúvio-hidrológicos (escoamento superficial, vazão/cota) e oceanográficos (marés e dinâmica de circulação costeira junto à desembocadura fluvial). Os condicionantes antrópicos estão associados a modificações do sistema de drenagem decorrentes de ocupação em áreas marginais aos canais, implantação de obras e/ou estruturas que alteram o comportamento da rede de drenagem etc.

No litoral do Estado de São Paulo, os maiores problemas com enchentes e inundações ocorrem ao sul, na área drenada pelo maior rio costeiro paulista, o Rio Ribeira de Iguape. Os eventos de inundações/enchentes mais catastróficos que atingiram os municípios do seu baixo curso (Iguape, Pariqüera-Açú e Registro), geralmente duraram dias e causaram muitos prejuízos sociais e econômicos, incluindo a perda de vidas.
O evento mais recente ocorreu entre 26 e 29 de janeiro de 2004, tendo, o pico da cheia no Rio Ribeira de Iguape atingiu 10,18 m em Eldorado, no dia 26 (o dobro do nível normal do rio nesse local). A onda de cheia só atingiu seu pico em Registro no dia 28/10, sendo que a cota do N.A. do rio encontrava-se em torno de 6 m (também o dobro de seu nível). O pico da cheia atingiu Iguape no dia 29/01, permanecendo até 30. Nesse período, ocorreu uma expressiva maré residual positiva. Após a tarde do dia 30, a onda de inundação desaguou no mar e se dispersou. Os resultados foram catastróficos: a região registrou a morte de 3 pessoas e 1.413 desabrigados.

O presente trabalho apresenta resultados preliminares de uma pesquisa de Iniciação Científica em desenvolvimento, cujo objetivo é estudar quantitativa e qualitativamente o

comportamento de três variáveis importantes, que atingem e controlam os eventos de inundações/enchentes no baixo curso do Rio Ribeira de Iguape: a precipitação pluviométrica, as variáveis limnimétricas de vazão fluvial e cota do nível de água do rio, e as variáveis relacionadas ao comportamento das marés real e residual ou meteorológica, bem como a fase lunar associada. A área de estudo (Figura 1) compreende os municípios de Iguape, Pariqüera-Açú e Registro, os quais sofreram 25 eventos de inundações/enchentes no período entre os anos de 1982, 1983, 1984, 1986, 1988, 1989, 1994, 1995, 1997, 1998, 1999, 2000 e 2001.

Esta pesquisa integra o Projeto SIIGAL: Sistema Integrador de Informações Geoambientais para o Litoral do Estado de São Paulo, aplicado ao Gerenciamento Costeiro (Processo FAPESP nº: 1998/14277-2) (Souza, 2003). Seus resultados constituirão importante instrumento para o entendimento da interação entre fatores climatológicos, hidrológicos e oceanográficos no condicionamento de inundações em rios costeiros, contribuindo também como subsídio para o Plano Preventivo de Defesa Civil para inundações no Vale do Ribeira.

2. A BACIA DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE

A Bacia do Rio Ribeira de Iguape ocupa as porções sudeste do Estado de São Paulo e do leste do Paraná, aproximadamente entre as latitudes 23º50' e 25º 30' S e longitudes 46º 50' e 50º 00' W. Abrange uma área total de 24.980 km^2, dos quais 15.480 km^2 (62%) pertencem ao Estado de São Paulo e 9.500 km^2 (38%) ao Estado do Paraná (SMA, 1992).

A área de estudo corresponde ao baixo curso do Rio Ribeira de Iguape (Figura 1), entre os municípios de Registro e Iguape (desembocadura) e está inscrito no Complexo Lagunar-Estuarino de Cananéia-Iguape, que é uma Área de Proteção Ambiental e Federal. A origem da Bacia do Rio Ribeira de Iguape se deve a uma particularidade da geologia da faixa costeira do Estado de São Paulo onde, excepcionalmente, rochas menos resistentes à erosão, como xistos e filitos, permitiram que a drenagem direta ao Atlântico recuasse profundamente para o interior do continente, através dos vales dos rios Ribeira de Iguape, Juquiá e de seus tributários (Villwock, 1987). Geomorfologicamente, a Bacia do Rio Ribeira de Iguape pode ser dividida em sete unidades ou macro-compartimentos de relevo,

sendo quatro em terras altas e três em terras baixas (Ross, 2002). Essas unidades foram organizadas sob duas grandes morfoestruturas: uma denominada de Morfoestrutura da

Faixa de Dobramentos do Atlântico (MFDA) e Morfoestrutura da Depressão Tectônica da Bacia do Ribeira (MDTBR).

A área de estudo localiza-se na morfoestrutura da Depressão Tectônica do Baixo Ribeira, abrangendo as morfoesculturas dos Terraços Fluviais do Baixo Ribeira e da Planície Costeira de Cananéia-Iguape. Geologicamente, a Bacia do Ribeira de Iguape abrange terrenos do embasamento e terrenos sedimentares terciários a atuais. O clima na porção paulista da Bacia do Rio Ribeira de Iguape, segundo Monteiro (1973), é do tipo Clima Meridional Permanentemente Úmido, onde a atuação das massas polares (50%) sobrepuja a atuação das massas tropicais. A Bacia do Rio Ribeira de Iguape encontra-se sujeita às ações da Massa de Ar Polar e das perturbações frontais, permanecendo na maior parte do tempo submetida à ação da Massa de Ar Tropical Atlântica, que tem no seu centro uma temperatura extremamente homogênea. Entretanto, por ser controlada pelo anticiclone semipermanente do Atlântico Sul, seus bordos ocidentais atingem a costa com freqüência. O contato da massa de ar frio com a quente forma a Frente Polar Atlântica que, avançando rumo ao norte, provoca fortes precipitações e mudanças no sentido dos ventos. Segundo Vianello & Alves (2000), o comportamento da temperatura e do regime pluviométrico na bacia sofre modificações importantes decorrentes das formas do relevo e sua orientação, bem como da orientação das vertentes em face dos ventos e da distribuição das chuvas.

Sob o ponto de vista de potencialidade de geração de cheias, a Bacia do Rio Ribeira de Iguape apresenta características peculiares. Em primeiro lugar, as condições climáticas da região são altamente favoráveis à ocorrência de chuvas do tipo frontal, de grande intensidade e duração, que tendem a produzir grandes volumes de deflúvio superficial (DAEE, 1998). Em segundo lugar, o extravasamento da água da calha fluvial associado a marés meteorológicas pode se manter durante um intervalo de tempo muito maior, aumentando ainda mais os problemas de represamento de águas dos rios exorreicos, agravando as inundações em regiões costeiras (DeMillo, 1998).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram investigados 25 eventos de inundações/enchentes registrados pelas Defesas Civis municipais e estadual, que ocorreram nos anos de 1982, 1983, 1984, 1986, 1988, 1989, 1994, 1995, 1997, 1998, 1999, 2000 e 2001. Para cada evento foram levantados dados relativos a: precipitação pluviométrica, vazão e cota do nível de água do rio e marés reais e residuais ou meteorológicas, e a fase lunar correspondente.

3.1. Marés Real e Residual ou Meteorológica

A "maré real" é aquela observada em marégrafos e corresponde ao nível da água do mar medido em um dado período. Ela difere da "maré previsional" (Tábuas de Marés) devido a diversos efeitos, dentre os quais os efeitos meteorológicos, que resultam na chamada "maré meteorológica" ou "maré residual". Esta, por sua vez, corresponde, grosso modo, à diferença entre a maré observada e a "maré previsional" (Pugh, 1987), sendo dada pela expressão: Mres = [(x-w)-(z-y)], onde: X – maré observada; W - média da maré observada no ano; Z - maré prevista; Y - 0,78 (média da maré prevista).

Os dados de maré são disponíveis em escala de tempo horária.

3.2. Vazões Fluviais e Cotas do N.A. dos rios

Os valores limnimétricos de cota do nível de água (N.A.) do rio (em relação ao nível médio do mar) e vazão fluvial do rio são obtidos junto ao *site* do DAEE (www.sigrh.sp.gov.br). Os dados de cota do N.A. do rio são coletados duas vezes ao dia, às 7:00h e 18:00h, enquanto que os de vazão correspondem a uma média diária. Para efetuar a correlação entre esses dados e os dados de marés real e residual, seriam necessários que os primeiros também fossem dados horários assim como as marés. Para contornar o problema, utilizou-se um recurso matemático denominado interpolação linear[1], que permite obter uma distribuição horária muito próxima à real.

Os valores de vazão (m^3/s) para Registro e Pariqüera-Açú foram também calculados para cada hora diária do período analisado em cada evento, tendo-se adotado, como convenção, que a média diária corresponderia à medição realizada às 7:00 h. Para a cidade de Iguape não há registros de vazão, mas apenas de cota do N.A. do rio.

3.3. Precipitação Pluviométrica

Os dados de precipitação pluviométrica (acumulados de chuva em mm em determinado período) são encontrados no site do DAEE (www.sigrh.sp.gov.br). A coleta desses dados é realizada diariamente, às 7:00h, que corresponde ao acumulado de chuva em 24 horas.

Lamentavelmente, a partir de 1999, tem ocorrido, em todo o Estado de São Paulo, a desativação da maioria dos postos pluviométricos. Este fato, portanto, afeta a análise dos

---

[1] Técnica para estimar valores de funções em pontos intermediários de intervalos, a partir de valores da função calculados nos extremos desses intervalos (Bussab & Morettin, 1986).

dados de precipitação pluviométrica para o evento de inundação/enchente ocorrido em 2001.

Da mesma forma que para a correlação entre os dados maregráficos e limnimétricos, para correlacionar os dados de precipitação pluviométrica são necessários intervalos horários. Uma forma possível de obtenção de dados de precipitação pluviométrica por hora é utilizar também o recurso da interpolação linear. Neste caso, entretanto, os dados obtidos por hora não corresponderiam ao real, pois correspondem a valores acumulados de 24h. Mesmo assim, a interpolação linear dará as tendências de como se deu o processo de precipitação.

Após vários testes e observações feitas a partir de inúmeros gráficos de precipitação e de correlação linear entre precipitação x cota do N.A. do rio para os eventos, concluiu-se que o volume precipitado acumulado de 24 horas no dia de pico do evento raramente caracteriza um evento de inundação/enchente.

Assim, constatou-se que para os eventos de curta duração, o acumulado de 3 dias (72 horas anteriores ao pico) é suficiente para comprovar a participação da precipitação na determinação da elevação da cota e da vazão do rio. Para eventos de média a longa durações, foi constado que os acumulados de 5 dias (120 horas) e de até 9 dias (216 horas) evidenciavam melhor a relação acumulado de chuva e inundação/enchente. Os acumulados a partir de 9 dias apresentam uma correlação decrescente com a elevação da cota.

A Bacia do Rio Pariqüera-Açú é uma sub-bacia do Rio Ribeira de Iguape. O escoamento das águas de cheias na sua desembocadura pode sofrer o efeito de mole hidráulico imposto pelo rio Ribeira de Iguape, aumentando o tempo de permanência das águas nessa sub-bacia e, portanto, o tempo de duração da cheia. Após inúmeros testes, concluiu-se que para ela devem ser usados dados de precipitação acumulada de 24 horas, 36 horas, 48 horas e 72 horas.

4. RESULTADOS PRELIMINARES E DISCUSSÃO

A seguir são descritos os resultados dos testes realizados para os três municípios.

- Registro e Pariqüera-Açú. Após inúmeros testes, observou-se que em Registro e em Pariqüera-Açú a influência da maré residual é significativa no dia de pico do evento de curta duração (alguns dias). Levando em consideração que as descargas fluviais médias diárias estão sujeitas a imprecisões decorrentes do tempo de percurso das ondas de cheia entre Registro e Três Barras (cerca de 6 horas) devido à influência da maré residual no trecho inferior do rio, considerou-se a maré residual ocorrida

no dia anterior e em dois dias anteriores à data de pico dos eventos de longa duração.

- Iguape. O marégrafo de Cananéia dista do Valo Grande aproximadamente 52,63 km, da Barra do Icapara aproximadamente 63,12 km e da Barra do Ribeira aproximadamente 65,89 km (Figura 1). Levando em consideração essas 3 distâncias e após inúmeros testes de correlação, concluiu-se que a cidade de Iguape sofre influência da maré residual de modo mais significativo entre 40 e 120 minutos após a maré residual calculada para Cananéia. Assim utilizou-se para a correlação a maré residual ocorrida na hora, na primeira hora anterior e na segunda hora anteriores ao horário de pico do evento em Iguape.

Para integrar os dados referentes às três variáveis foram elaborados gráficos de correlação linear[2] entre todas as variáveis pertinentes. Os valores numéricos que denotam correlação variam de +1 a –1. Quanto mais próximo de +1 for a correlação entre duas variáveis, diz-se que há muita ou até total correlação entre elas.

Efetuou-se o cálculo das médias históricas de vazão para Registro (posto 4F-002, Figura 1) e para Pariqüera-Açú (posto 4F-023, Figura 1), encontrando-se os seguintes resultados: para Registro, a média histórica de 1953 até 2001 foi de 456,124 m^3/s, para Três Barras, 455 m^3/s e para Pariqüera-Açú, no período de 1972 a 1997, a média de vazão foi de 2,17 m^3/s. De modo geral, o regime do Rio Ribeira de Iguape é subtropical, com cheias pronunciadas no verão (de janeiro à março) e estiagens no inverno (de julho à setembro) acompanhando de perto o regime pluvial. Ocorre um máximo secundário em setembro e outubro, característico de regime de transição entre chuvas de verão e de inverno (Geobrás, 1966).

A Tabela 1 mostra uma síntese dos dados levantados para os 25 eventos de enchentes/inundações cadastrados.

Para fins organizacionais, cada evento foi enumerado de acordo com a seqüência cronológica dos anos registrados. Note-se bem que em alguns anos ocorrem mais de um evento. Estes eventos foram denominados de acordo com a sigla do município no qual ele ocorreu, sendo: (Registro = Re; Pariqüera-Açú = Pa; Iguape = Ig. Devido a este fato, a

---

[2] Permite saber se há uma relação positiva ou negativa (enquanto há um acréscimo de yp, há um decréscimo proporcional de xc ou vice-versa.) entre duas variáveis (Botter et al., 1996).

Tabela 1 mostra 12 eventos para Pariqüera-Açú, 15 eventos para Registro e 3 eventos para Iguape, totalizando 30 ocorrências ou atendimentos das Defesas Civis).

Todos os valores médios máximos de cota e vazão atingidos durante os picos das cheias, nos três municípios, excederam em muito os valores de referência estabelecidos para o "estado de Emergência" da Rede de Alerta para Enchentes no Vale do Ribeira (Tabela 2).

No que se refere à atuação de condições climáticas especiais, observou-se que das 30 ocorrências de inundação registrados, 21 ocorreram em condições especiais do tipo "El Niño" e 9 em condição de "La Nina" (Tabela 1). Portanto, nenhuma ocorreu em situação de normalidade climática.

Quanto à precipitação pluviométrica, pode-se afirmar que apenas nos eventos I3 e I5(Pa) houve repercussão do acumulado de 24 horas na determinação das inundações/enchentes. Os acumulados de 36 horas foram significativos nos eventos I3, I4, I5 e I6 (Pa). Os acumulados de 2 dias (24 horas), foram significativos para os eventos I1, I3, I4, I5, I6, I7, I9, I10 e I13 (Pa). Já em relação aos acumulados de 3 dias (72 horas), com exceção do evento I2-Pa, todos os demais eventos mostraram correlação significativa entre os eventos de precipitação pluviométrica com a elevação da cota do rio. Em Registro, apenas o evento I14-Re evidenciou relação entre a precipitação acumulada de 3 dias (72 horas) com a elevação da cota. Os acumulados de 5 dias (120 horas) foram significativos nos eventos I13, I14, I15, I17, I19, I22 e I23 (Re). Com exceção dos eventos I17 e I22 (Re), todos os demais eventos em Registro e em Iguape mostraram estreita relação entre acumulados de 9 dias (216 horas) com a elevação da cota no Rio Ribeira de Iguape.

Os eventos I1 e I2 podem ser explicados pela somatória entre precipitação pluviométrica e maré residual. Esta aparentemente exacerbada pelo efeito da variação estérica do oceano (Mesquita, 1997) ou pelo deslocamento do Equador Térmico do Trópico de Capricórnio ao norte (Equador Geográfico) após os meses de verão (Sant'Anna Neto, comunicação pessoal).

O Rio Ribeira de Iguape possui um regime fluvial tipicamente subtropical, com chuvas e conseqüentes cheias pronunciadas no verão (janeiro-fevereiro-março), o que poderia explicar 18 dos 25 eventos ocorridos no Baixo Rio Ribeira de Iguape, quais sejam: I1 (Re, Pa e Ig); I11 (Re e Ig); I3, I4, I5, I6, I7, I8, I9, I10, I12 (Pa); e I14, I15, I20, I21, I22, I23 e I24 (Re).

Os máximos secundários pluviais e fluviais que normalmente ocorrem em setembro e em outubro explicariam 4 eventos (I17, I18, I19 e I25 (Re)).

Há relativa imprecisão das descargas fluviais médias diárias ocorre em função da forte influência das correntes de maré no trecho inferior do Rio Ribeira de Iguape. Os eventos I1 e I13 (Pr, Pa e Ig), I2 (Pa e Re) e I11 (Re e Ig) podem ser explicado por este fato.

É conhecido que no baixo Rio Ribeira de Iguape ocorrem os maiores problemas relacionados aos eventos de inundação/enchente de toda a bacia. A Tabela 3 mostra os tempos médios, máximos e mínimos de propagação da onda de cheia entre Eldorado e Registro e entre Registro e Iguape medidos e 1983, 1995, 1997 e 1998.

Então, entre Eldorado e Registro o tempo médio de propagação da onda de cheia para o período entre os anos de 1983, 1995, 1997 e 1998, foi de 38 h 48 min. A média histórica geral de propagação da onda de cheia é de 40 horas para percorrer uma distância de 74,5 Km (de leito do rio) entre esses dois municípios. Assim, entende-se que o período supracitado admitido para o cálculo de tempo de propagação da onda de cheia constitui um período padrão para se resgatar estes valores.

Entre Registro e Iguape (Três Barras), no mesmo período, o tempo de propagação da onda de cheia foi de 64 h e 30 min, sendo um pouco superior à média histórica admitida de 50 horas (o segmento do rio entre os dois municípios é de 74 km de extensão).

Por outro lado, o intervalo máximo de tempo de propagação da onda de cheia entre Eldorado e Registro foi de 61 h e entre Registro e Iguape foi de 161 h37 min (março e abril de 1998), enquanto que o intervalo de tempo mínimo de propagação da onda de cheia entre Eldorado e Registro foi de 3 h e entre Registro e Iguape foi de 13 h 15 min (30/set/98).

As fortes diferenças de tempo de propagação da onda de cheia entre esses dois segmentos do Rio Ribeira de Iguape (Eldorado a Registro - 40 horas e Registro a Iguape - 50 horas) poderiam ser explicadas pela marcada ação da maré neste último segmento, uma vez que tanto a amplitude altimétrica entre os dois segmentos (10 e 9 m, respectivamente) como o cumprimento dos mesmos (74,5 km e 74 km, respectivamente) são bem próximos entre si.

Dentre os 25 eventos de enchentes/inundações registrados um chama a atenção: o evento I2, que ocorreu em junho 1983 e atingiu de forma catastrófica os três municípios da área de estudo e toda a Bacia do Rio Ribeira. Nesse evento, foi observada a maior cheia (maior volume escoado) do período histórico de monitoramento até aquela data nos diversos postos ao longo do Rio Ribeira de Iguape. Foi também o evento mais duradouro de todos os registrados para a bacia, pelo menos no período analisado nesta pesquisa. Para

a cidade de Registro teve duração de 72 dias (1.728 horas), em Pariqüera-Açú prolongou-se por 93 dias (2.232 horas) e em Iguape, por aproximadamente 79 dias (1.896 horas).

Em Registro (I2-Re), o "estado de Atenção" foi acionado em 19/05/1983; no dia 21/05 foi acionado o "estado de Emergência" e em 24/05 ocorreu a terceira maior elevação do N.A. (5,8 m). Em função de acumulado de precipitação pluviométrica da ordem de 48,3 mm (3 dias ou 72 horas), 54,1 mm (5 dias ou 120 horas) e 127,4 mm (9 dias ou 216 horas). Note-se bem que erros podem ocorrer nos registros de postos pluviométricos devido a ausência do monitor e conseqüente não levantamento da quantidade real do precipitado. A quarta maior elevação do N.A. desse evento (5,1 m) ocorreu no dia 02/06, embora os registro dos acumulados de precipitação pluviométrica ainda fossem baixos, da ordem de 48,1 mm (5 dias ou 120 horas) e 138,3 mm (9 dias ou 216 horas). Observou-se uma maré residual de 50 cm e 30 cm, respectivamente nos dias 31/05 e 01/06. O pico do evento, quando a maior elevação do N.A. atingiu 7,3 m, ocorreu no dia 14/05, tendo sido observado um volume acumulado de precipitação da ordem de 147,6 mm (9 dias ou 216 horas) e maré residual de 43 cm (para o dia 13/05). Isto evidencia forte correlação entre a cota e a maré residual do dia anterior ao pico, cujo valor do índice de correlação (R^2) é de 0,8036, bem como boa correlação entre a cota e a precipitação acumulada de 5 dias ou 120 horas da ordem, sendo $R^2 = 0,731$. O R^2 obtido entre a cota e a vazão para os dias 13 e 14/06 foi de 0,9613.

Correlações elevadas foram observadas entre a precipitação pluviométrica e os valores limnimétricos (0,731 para cota e 0,660 para vazão). O dado de precipitação que mais influiu na elevação da cota foi o acumulado de 5 dias ou 120 horas, o que demonstra a complexidade e magnitude desta bacia. O acumulado de precipitação que mais influiu na vazão foi o de 9 dias ou 260 horas. Os valores elevados das marés observadas (preamar máximo de 2,45 m e residual de 40 cm) e a alta correlação entre cota x maré residual, também sugerem a forte influência da maré meteorológica no evento. Além disso, a elevada correlação entre vazão e maré residual de dois dias anteriores ao pico (R^2=0,9086), significa que houve uma elevação do nível médio do mar concomitante ao acréscimo do volume de água drenada no rio em Registro e, assim, as marés poderiam ter provocado o represamento do rio em seu baixo curso. No dia anterior ao pico, por outro lado, enquanto a vazão aumentava a maré diminuía, o que pode ser constatado pela correlação negativa da ordem de -0,604 entre estas duas variáveis.

Em Pariqüera-Açú, o evento I2-Pa mostra que o acumulado de precipitação em 24 horas de 77,9 mm aparentemente foi o que desencadeou a primeira elevação do N.A. (5,6

m) do Rio Pariqüera-Açú, em 19/05. Em 36 horas, o acumulado era de 78 mm, passando a 78,1 mm em 48 horas e 99,7 mm em 72 horas. Em 29/05 ocorreu a segunda elevação do N.A. do rio (5,3 m), mesmo com acumulados de precipitação da ordem de 39,35 mm em 36 horas, 69,1 mm em 48 horas e 87,2 mm em 72 horas. Para a terceira elevação do N.A. do rio (4,7 m), ocorrida em 10/06, o acumulado foi de 59,5 mm em 72 horas. Apesar de não ter havido correlações significativas entre valores limnimétricos e valores de maré real e residual, observou-se em inúmeros gráficos que as correlações precipitação x cota e precipitação x vazão foram sempre elevadas, bem como as correlações cota x vazão. Por exemplo, nos dia 11 a 14/06 a correlação entre a cota e os acumulados de precipitação foram os seguintes: para 24 horas, R^2=0,79; para 36 horas, R^2=0,86; para 48 horas, R^2=0,83; e para 72 horas, R^2=0,68. Esses valores denotam que a precipitação acumulada de 36 horas foi a que maior desencadeou a elevação da cota. O índice de correlação entre cota e vazão foi de 0,977, reafirmando a forte correlação entre ambas variáveis. Vale ressaltar também que como o Rio Pariqüera-Açú desemboca no Rio Ribeira de Iguape, entre Registro e Iguape, pode ser que o escoamento de suas águas de cheia tenha sido retardado pelo efeito de mole hidráulico imposto pelo Rio Ribeira de Iguape, aumentando o tempo de permanência das cheias na Bacia do Rio Pariqüera-Açú.

É interessante notar que os picos de cheia dos eventos I2-Re e I2-Pa ocorreram em fase de lua nova, ou seja, em situação de maré de sizígia.

Em Iguape, o evento I2-Ig apresentou em 9 dias (216 horas) acumulados de chuva de 106,8 mm, associados a uma maré residual da ordem de 26,7cm (19:00 a 21:00 h do dia 16/06/83), provocando uma elevação da cota do N.A. da ordem de 3,88 m. Os índices de correlação entre cota e maré residual no momento do pico, em 1 hora e em 2 horas anteriores ao mesmo foi, respectivamente, de 0,79, 0,81 e 0,82. Quando a maré residual foi negativa, os valores de cota do N.A. do rio em Iguape foram inferiores aos observados quando a maré residual era positiva.

Os baixos índices de chuva registrados para a maior parte do evento de I2, para os postos pluviométricos (F4-005, F4-016 e F4-028) localizados nos três municípios indicam que realmente não choveu muito na área de estudo. Então, os altos valores de vazão e cota do N.A. do rio durante os 93 dias (2.232 horas) de duração do evento foram provocados, aparentemente, pela conjugação de chuvas intensas a montante de Registro e marés reais e meteorológicas elevadas, devido a influência do El Niño mais forte do século 20 em inúmeras regiões do Planeta. Aliás, esse evento de El Niño de 1982-1983 provocou catástrofes decorrentes de desastres naturais intensos.

Como a pesquisa está em desenvolvimento, as hipóteses levantadas aqui ainda serão mais bem testadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As inundações/enchentes no baixo curso do Rio Ribeira de Iguape são eventos que sempre ocorreram na área de estudo. No curso inferior, à jusante de Eldorado e após receber a contribuição do Rio Juquiá (o seu maior contribuinte), o Rio Ribeira de Iguape adentra a planície costeira com declividade praticamente nula. Com isto, a influência das marés repercute ao longo dessa área, protelando a eficiência de sua descarga e prolongando o tempo de escoamento das águas de cheias em até várias semanas. O conjunto desses fatores (climatológicos, geológico-geomorfológicos da bacia de drenagem, flúvio-hidrológicos, oceanográficos, além de ações antrópicas que modificam o sistema de drenagem) constitui a causa básica das cheias de grande magnitude no curso inferior desse rio, tanto em termos de pico da cota, quanto em volume de água, sendo esse o trecho da bacia que sofre as maiores e piores conseqüências das cheias. Assim, de acordo com esta discussão preliminar, a contribuição da precipitação pluviométrica, no curso inferior do Rio Ribeira de Iguape, deve se somar à maré meteorológica pronunciada (preamar) e à vazão alta para se produzir um cenário de elevação da cota e conseqüente inundação/enchente de vastas áreas da bacia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGUSTO FILHO, O.A.; PEDROTTI, N.; CERRI. L. E. S. **Plano de redução e prevenção de riscos associados a movimentos de massa e inundações/enchentes para o município de Ilhabela, SP**. Relatório IPT 31.355, São Paulo, 1993..

BOTTER, G. A.; LEITE, J. G.; CORDANI, L. K. **Noções de Estatística com apoio computacional**, Versão Preliminar,. IME- USP, São Paulo, 231p, 1996.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. São Paulo. Editora Atual.
DAEE - Departamento Estadual de Águas e Energia Elétrica. 1998. Bacia hidrográfica do Ribeira de Iguape: relatório síntese do plano de ação, 1986.

DALEVA, D. C. **Inundações em Zonas Estuarinas**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências-USP, 2003.

DEMILLO, R. **How Weather Works**. Ziff-Davis Press. 226p, 1998.

GEOBRÁS. **Complexo Valo Grande, Mar Pequeno e Rio Ribeira de Iguape**. Relatório Geobrás S/A, Engenharia e Fundações, para o Serviço do Vale do Ribeira, Departamento de Águas e Energia Elétrica. São Paulo, 2 volumes, 1966.

MESQUITA, A.R. **Marés, Circulação e Nível do Mar na Costa Sudeste do Brasil**. Documento preparado para a FUNDESPA (Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas). 22 p., 1997.

MONTEIRO, C. A. F. A **Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo**. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1973.

PUGH, D.T. **Tides, Surges and Mean Sea-Level**. John Wiley and Sons. p.115, 1987.

ROSS, J. L. S. A morfogênese da Bacia do Ribeira do Iguape e os sistemas ambientais. **GEOUSP Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 12, p. 21-46, 2002.

SMA. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Programa de educação ambiental do Vale do Ribeira**. SMA/SE. São Paulo. 344p. 1992.

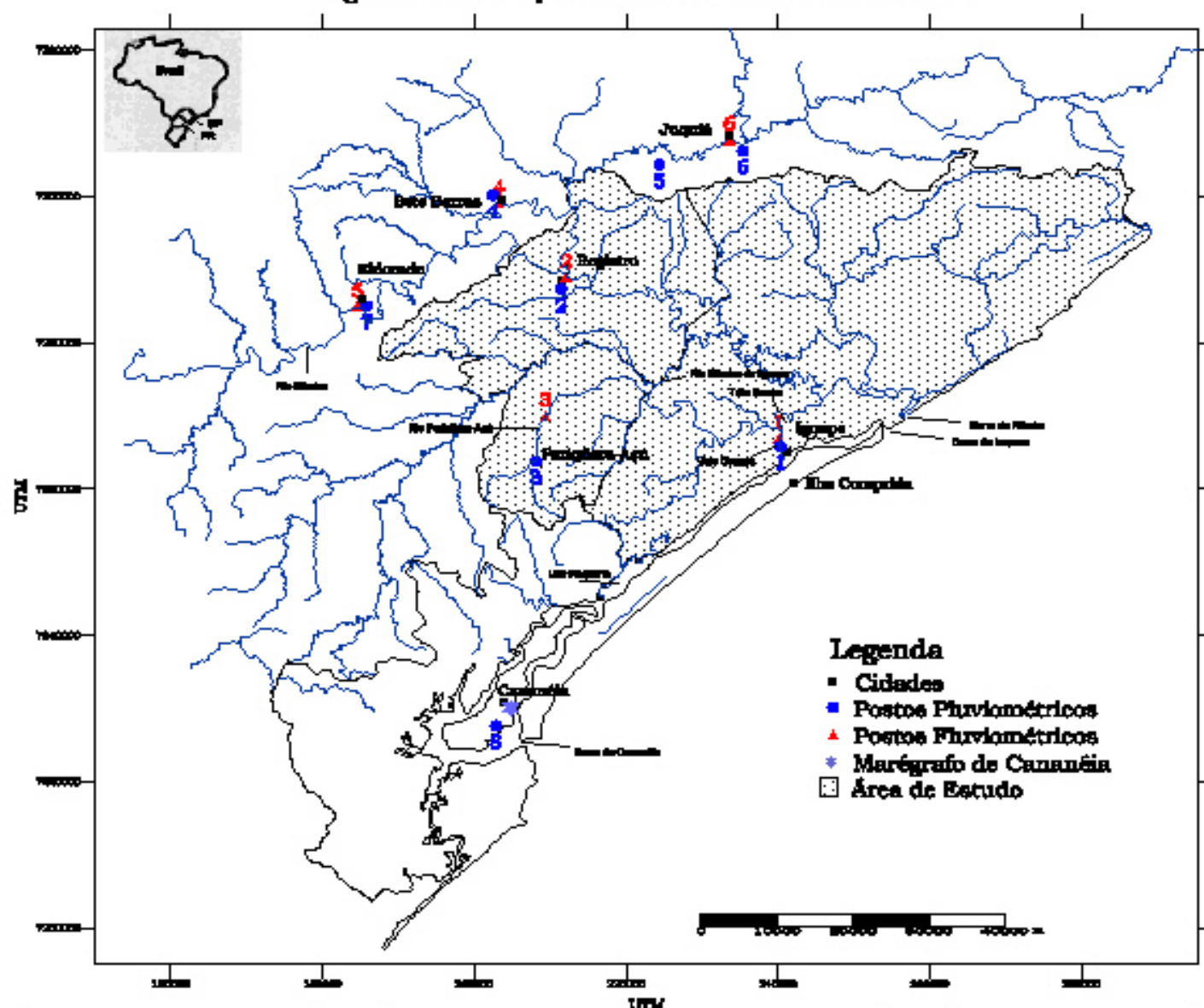
SOUZA, C. R. G. Flooding in the São Sebastião region, northern coast of São Paulo State, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 70 (2): 354-366, 1998.

SOUZA, C. R. G. **Sistema Integrador de Informações Geoambientais para o Litoral do Estado de São Paulo, Aplicado ao Gerenciamento Costeiro** - SIIGAL Fase II. 3º Relatório Científico, FAPESP no 1998/14277-2, 2003. 163 p. + anexos (inédito).

STRAHLER, A. N. **Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography**. Geological Society Amererican Bulletin, 63: 1119-1142, 1952.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Editora UFV, Viçosa-MG, 2000. 449 p.

VILLWOCK, J.A. Os paleoambientes da Província Costeira do Rio Grande do Sul e a possível ocorrência de antigos manguezais na costa sul do Brasil. **Anais** I Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira - Síntese dos Conhecimentos, Publ. ACIESP, São Paulo, 1(54): 132-137, 1987.

Figura 1.Localização da área de estudo e de entorno

Postos Fluviométricos						
ID	Prefixo	Nome	Rio	UTM (Lat)	UTM (Long)	Altitude (m)
1	-	Valo Grande	Rib.de Iguape	7266900	2401017	< 1,7
2	4F-002	Registro	Rib.de Iguape	7288967	2120608	< 3,0
3	4F-023	Faz. Ouro Verde	Par. Açú	7289476	2225625	< 1,6
4	4F-015	Sete Barras	Rib.de Iguape	7298536	2024399	-
5	5F-001	Eldorado	Ribeira	7298536	2033194	-
6	4F-018	Juquiá	Juquiá	7307733	2336290	-

Postos Pluviométricos					
ID	Prefixo	Nome do Posto	UTM (Lat)		
1	F4-028	Iguape	7265801	240305	3
2	F4-005	Registro	7303180	212853	20
3	F4-016	Pariquera-açú	7263.317	208287	30
4	F4-015	Sete Barras	7300149	202430	20
5	F4-004	Serrote	7296.684	221083	60
6	F4-037	Escalvado	7304.291	224357	40
7	F4-015	Eldorado	7285004	185852	20
8	G4-002	Porto Cubatão	7227632	202846	5

Tabela 1. Descrição de parâmetros fluviométricos, pluviométricos e maregráficos dos eventos de inundação, registrados pela Defesa Civil, que ocorreram no período de 1982 a 2001.

	ID	Data de Pico do Evento[3]	Dados de Lua e Maré					Dados Liminmétricos					Condições Atmosféricas Especiais		Pluviosidade (mm)				
			Fase da Maré	Preamar no Evento				Cota do N.A. do rio [4]			Vazão (m³/s)				Postos: Pa-F4-016, Re-F4-005 e Ig-F4-028				Cananéia
	I=inundação			Méd./Ano	Máximo (m)	Data	Hora	Méd. mês [4]	Normal	N.A. Máximo	Méd. mês [5]	N.A. Máx.	Condições	Intensidade	1d/24h [7]	1½d/36h	2d/48h	3d/72h	1d/24h [7]
Pariqüera-Açú	1-Pa	25-jun-1982	Sizígia	1.71	2.37	6/25	19h	1.75	<1.60	4.98	1.71	30.67	El Niño	Forte	28.10	50.20	72.30	72.30	26.90
	2-Pa	10-jun-1983	Sizígia	1.76	2.85	6/10	15-16h	1.75	<1.60	4.76	1.71	17.59	El Niño	Forte	14.50	21.50	28.50	59.50	7.70
	3-Pa	8-fev-1984	Quadratura	1.75	2.37	2/8	6h	2.43	<1.60	5.85	4.28	44.88	El Niño	Moderado	126.80	148.00	169.20	220.90	29.50
	4-Pa	12-fev-1986	Sizígia	1.74	2.61	2/12	5h	2.43	<1.60	5.95	4.28	36.51	La Niña	Fraco	27.30	72.95	118.60	121.90	101,4 [8]
	5-Pa	24-jan-1988	Quadratura	1.71	2.24	1/24	7h	2.01	<1.60	5.80	3.75	46.7	La Niña	Forte	65.30	182.90	211.70	212.60	81.70
	6-Pa	10-jan-1989	Sizígia	1.69	2.74	1/10	5h	2.01	<1.60	5.95	3.75	50.78	La Niña	Forte	11.60	73.45	135.30	138.90	6.60
	7-Pa	4-jan-1994	Quadratura	1.73	2.29	1/4	8h	2.01	<1.60	5.60	3.75	18.68	El Niño	Moderado	11.80	48.45	85.10	113.40	8,00 [8]
	8-Pa	29-jan-1994	Sizígia	1.73	2.45	1/29	4h	2.01	<1.60	5.50	3.75	30.59	El Niño	Moderado	0.30	31.70	63.10	97.80	64,2 [8]
	9-Pa	8-fev-1994	Sizígia	1.73	2.56	2/8	2h	2.43	<1.60	6.00	4.28	42.82	El Niño	Moderado	0.50	48.60	96.70	227.10	1,4 [8]
	10-Pa	8-mar-1994	Sizígia	1.73	2.12	3/8	1h	2.10	<1.60	5.80	3.72	40.35	El Niño	Moderado	20.00	62.95	105.90	120.40	86,7 [8]
	12-Pa	11-jan-1997	Sizígia	1.72	2.45	1/11	5h	2.01	<1.60	5.20	3.75	19.46	El Niño	Forte	0.00	23.65	47.30	82.40	6.70
	13-Pa	23-jan-1997	Sizígia	1.72	2.58	1/23	3h	2.01	<1.60	6.00	3.75	44.74	El Niño	Forte	10.90	48.75	86.60	123.70	54.70
Registro	2-Re	14-jun-1983	Sizígia	1.76	2.38	6/14	19h	1,10 [5]	<3.01	7.30	408,87 [6]	2473.4	El Niño	Forte	0.00	3.00	57.00	147.60	3.30
	11-Re	15-jan-1995	Sizígia	1.78	2.25	1/14	3h	2.97	<3.00	7.67	585.83	2213.8	El Niño	Moderado	0.00	25.60	42.00	125.60	23.40
	13-Re	14-jan-1995	Sizígia	1.72	2.41	1/25	5h	2.97	<3.00	8.57	585.83	2723.2	El Niño	Forte	5.30	21.20	101.90	209.00	18.90
	14-Re	25-jan-1997	Sizígia	1.76	2.33	1/12	3h	2.97	<3.00	5.92	585.83	1370.6	El Niño	Forte	10.50	88.50	102.10	102.30	0,0 [8]
	15-Re	11-jan-1998	Quadratura	1.76	2.11	3/3	6h	2.20	<3.00	7.28	616.19	2015.8	El Niño	Forte	0.00	19.40	160.30	297.00	0,0 [8]
	16-Re	3-mar-1998	Quadratura	1.76	2.38	4/3	4h	1.62	<3.00	5.84	472.48	1454.4	El Niño	Forte	0.20	5.70	31.90	74.50	1,9 [8]
	17-Re	3-abr-1998	Sizígia	1.76	2.38	9/23	4h	1.46	<3.00	5.57	370.81	1367.7	El Niño	Forte	3.70	39.10	111.70	126.40	0,0 [8]
	18-Re	2-out-1998	Sizígia	1.76	2.23	10/2	1h	2.69	<3.00	5.48	413.99	1342	El Niño	Forte	0.10	18.50	31.90	41.10	0,6 [8]
	19-Re	10-out-1998	Quadratura	1.76	2.07	10/10	7h	2.69	<3.00	6.34	413.99	1598.1	El Niño	Forte	0.00	7.90	78.10	102.20	0,2 [8]
	20-Re	11-jan-1999	Quadratura	1.76	2.35	1/11	23h	2.97	<3.00	5.70	585.83	1406.5	La Niña	Moderado	0.00	7.80	70.40	98.10	11,3 [8]
	21-Re	19-jan-1999	Sizígia	1.76	2.42	1/19	5h	2.97	<3.00	5.37	585.83	1315	La Niña	Moderado	0.00	0.00	71.30	71.30	2.10
	22-Re	12-fev-1999	Sizígia	1.76	2.43	2/12	13h	2.97	<3.00	5.57	642.37	1383.5	La Niña	Moderado	0.00	6.20	97.20	102.00	1.10
	23-Re	26-fev-1999	Quadratura	1.76	2.33	2/26	2h	2.97	<3.00	5.31	642.37	1306.5	La Niña	Moderado	42.70	63.80	102.20	140.00	5.00
	24-Re	19-fev-1999	Sizígia	1.75	2.63	2/19	2h	2.97	<3.00	5.38	642.37	-	La Niña	Moderado	0.00	0.70	39.00	114.40	?
	25-Re	4-out-2001	Sizígia	-	-	10/4	-	2.69	<3.00	6.46	413.99	-	La Niña	Moderado	-	-	-	-	?
Iguape	2-Ig	16-jun-1983	Quadratura	1.76	2.32	6/16	20h	-	1.70	3.88	-	-	El Niño	Forte	0.00	0.10	1.70	107.20	0.30
	11-Ig	15-jan-1995	Sizígia	1.78	2.34	1/15	2h	-	1.70	3.91	-	-	El Niño	Moderado					9.20
	13-Ig	28-jan-1997	Quadratura	1.72	2.09	1/28	18h	-	1.70	2.80	-	-	El Niño	Forte	2.00	5.00	44.10	250.40	0.00

(1) Data a partir da qual o indicador vazão e cota sairam do estado de normalidade para estado de atenção, alerta e emergência, discriminados na tabela 2.

(2) Data a partir da qual o indicador de vazão e cota voltaram do estado de emergência, alerta e ou de atenção para o estado de normalidade. Vide tabela 2.

(3) Todas as correlações estão sendo feitas considerando-se esta data para cada evento, pois se trata da data de pico do evento no que diz respeito a vazão e a cota.

(4) Nível de Água do Rio

(5) Média histórica (1972-1997) para o mês do evento

(6) Média histórica (1953-2001) para o mês do evento

(7) Acumulado de 17 horas do dia em questão + 7 horas do dia posterior

(8) Como houve falha de dados no posto G4-002 (Cananéia), utilizou-se dados do posto próximo: F4-029 - Itapitangui

Tabela 2. Níveis de referência para cota do N. A. e vazão do Rio Ribeira de Iguape de acordo com a Rede de Alerta para Enchentes no Vale do Ribeira.

Rede de Alerta		Estado			
Local	Indicador	Normal	Atenção	Alerta	Emergência
Registro	cota(m)	<3,00	3,00 - 3,50	3,50 - 4,00	>4,00
	Vazão(m^3/s)	<870,00	870 - 1.000,00	1,000 - 1.120,00	>1.120,00
Iguape	cota(m)	<1,70	1,70-2,00	2,00-2,20	>2,20
	Vazão(m^3/s)	-	-	-	-
Pariqüera	cota(m)	<1,60	1,65-2,50	2,50-4,00	>4,00
Açú	Vazão(m^3/s)	<2,50	2,50-3,50	3,50-4,00	>4,50

Tabela 3. Intervalos máximos, médios e mínimos de propagação da onda de cheia entre Eldorado, Registro e Iguape a partir dos dados fluviométricos do DAEE.

Média temporal da propagação da onda de Cheia*			
Diferença	Eld	Reg	Ig
Eld	-		
Reg	38h48min	-	
Ig	103h18mi	64h30min	-

* para os anos discriminados no texto

Maior intervalo de propagação da onda de Cheia*			
Diferença	Eld	Reg	Ig
Eld	-		
Reg	61h00min	-	
Ig	161h37mi	100h37mi	-

* para os anos discriminados no texto

Menor intervalo de propagação da onda de Cheia*			
Diferença	Eld	Reg	Ig
Eld	-		
Reg	3h00min	-	
Ig	13h15min	10h15min	-

* para os anos discriminados no texto

SUB-BACIA DO RIBEIRÃO CHICO DE PAULO (JARAGUÁ DO SUL – SC): AGENTES POTENCIALIZADORES DAS INUNDAÇÕES URBANAS E ADOÇÃO DE MEDIDAS PREVENTIVAS E CORRETIVAS

DAIANE BERTOLI[1]
TEOMAR DUARTE DA SILVA[2]

[1]Programa de Pós-Graduação em Geografia
Departamento de Geociências
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
[2]Curso de Arquitetura e Urbanismo/UNERJ.
daiane@unerj.br teomar@unerj.br

BERTOLI, D.; SILVA, T. D. Sub-bacia do Ribeirão Chico de Paulo (Jaraguá do Sul-SC): agentes potencializadores das inundações urbanas e adoção de medidas preventivas e corretivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 470-484. (CD-ROM)

RESUMO
Objetivando identificar os agentes que influenciam na potencialização das inundações urbanas, a presente pesquisa aborda a análise ambiental da sub-bacia do ribeirão Chico de Paulo (Jaraguá do Sul – SC). Embasada em pesquisa bibliográfica, observações de campo e na elaboração e interpretação de mapas temáticos em escala detalhada, esta evidencia como a problemática das cheias vem sendo ampliada pelos inadequados processos de urbanização. Ressalta-se ainda, como a adoção de medidas corretivas e preventivas podem servir de instrumento mitigador para a crise enfrentada, subsidiando tomadas de decisões.
Palavras-chave: inundações urbanas, planejamento ambiental.

CHICO DE PAULO BASIN (JARAGUÁ DO SUL - SC): THE AGENTS THAT HAVE SAME INFLUENCE IN THE URBAN FLOODS AND THE ADOPTION OF CORRECTIVE AND PREVENTIVE ARRANGEMENTS

ABSTRACT
Aiming to identify the agents that have some influence in the urban floods, the present research approaches the Chico de Paulo basin's environmental analysis. Based on bibliographical research, field observations and thematic maps elaboration and interpretation, this evidences how the problem of the floods has been amplified by the inadequate urbanization processes. It is still emphasized, how the adoption of corrective and preventive arrangement are an instrument to reduce the crisis, aiding decisions making.
Key-words: urban floods, environmental planning**.**

1. INTRODUÇÃO

Em todo o globo, muitos são os problemas – sociais, econômicos e ambientais – decorrentes de processos de urbanização que não levam em consideração a existência de uma dinâmica ambiental própria.

Frente a esta questão a presente pesquisa analisou a sub-bacia do ribeirão Chico de Paulo a qual, mesmo apresentando pouca propensão natural à ocorrência de cheias - como demonstram os diversos índices morfométricos estudados por Bertoli e Duarte da Silva (2002) – vem paulatinamente sofrendo com o agravamento dos prejuízos ocasionados pela ampliação das inundações.

Localizada no município de Jaraguá do Sul (figura 1), a referida sub-bacia é uma unidade ambiental relativamente pequena, drenando 5,26 Km^2, o que torna mais visível os impactos da expansão urbana especialmente sobre o sistema de drenagem, possibilitando também, a realização de exames com maior nível de detalhamento.

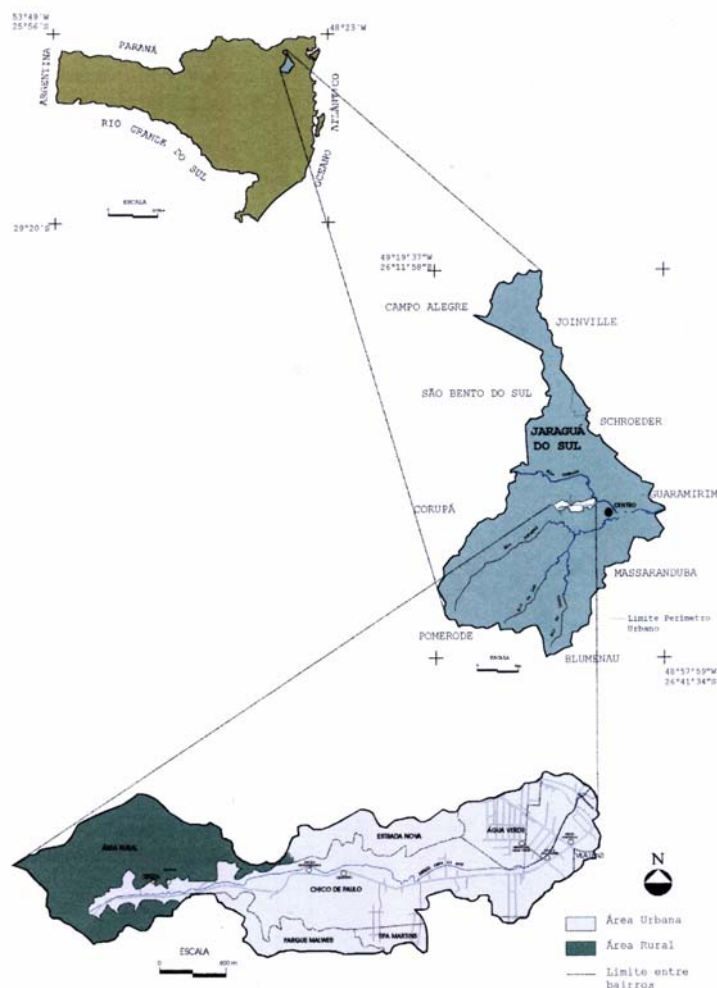



Figura 1 - Localização geográfica da sub-bacia do ribeirão Chico de Paulo
Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Jaraguá do Sul, 2004

Deste modo, o estudo aqui apresentado buscou obter uma melhor compreensão das relações dialéticas existentes entre os meios físico e biológico e as intervenções humanas na área através das marcas presentes na paisagem, o que poderá servir de subsídio para que futuras ações sobre o meio natural sejam menos danosas, tanto social quanto ambientalmente.

2. METODOLOGIA

Tendo como abordagem norteadora o estudo da paisagem, foram levantados e examinados dados referentes ao meio físico, biológico e antrópico, através de fontes primárias, secundárias, trabalhos de campo e confecção de mapas temáticos em escala detalhada (1:8000).

Mapeou-se e comparou-se ainda, as áreas que apresentam restrições legais à ocupação de acordo com o Plano Diretor de Jaraguá do Sul e as determinadas pela Lei nº 4.771/65 e Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 303/2002.

Posteriormente partiu-se para a análise quantitativa e qualitativamente das informações levantadas através da realização de cruzamentos dos mapas elaborados, resultando na divisão da área em unidades da paisagem.

Para tanto, sobrepôs-se a carta de restrições legais segundo a Legislação Federal à carta de declividade (gerada segundo os parâmetros fornecidos pela Lei nº 6.766/79 (alterada em 1999) de Parcelamento do Solo). A este mapa, foram acrescentadas as áreas inundáveis, enfatizando assim os locais passíveis de ocupação e os que deveriam sofrer restrições.

Aqui, cumpre ressaltar que, embora a carta de declividade tenha sido dividida em três classes - 0 a 30%, de 30 a 100% e acima de 100% - esta última classe já havia sido incorporada à carta de restrições legais segundo a Legislação Federal, por ser considerada de preservação permanente de acordo com a resolução do CONAMA (op cit.).

Outra ressalva necessária é que, independente da declividade possuída, os locais de preservação permanente não deveriam apresentar uso direto e, por tal razão optou-se por não subdividi-los, o que apenas dificultaria a compreensão da carta gerada.

O mapa resultante desta sobreposição foi então cruzado com a carta de cobertura do solo resultando na carta de unidades da paisagem. Essa, por sua vez, fornece parâmetros para tecer prioridades de ação e diretrizes de ocupação, onde a fragilidade do meio natural da sub-bacia serve como pressuposto para a orientação da urbanização.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diversos são os agentes potencializadores das inundações urbanas sendo que, um estudo cuidadoso necessita levar em conta, o meio físico, o biológico, a ação antrópica e a interação entre ambos.

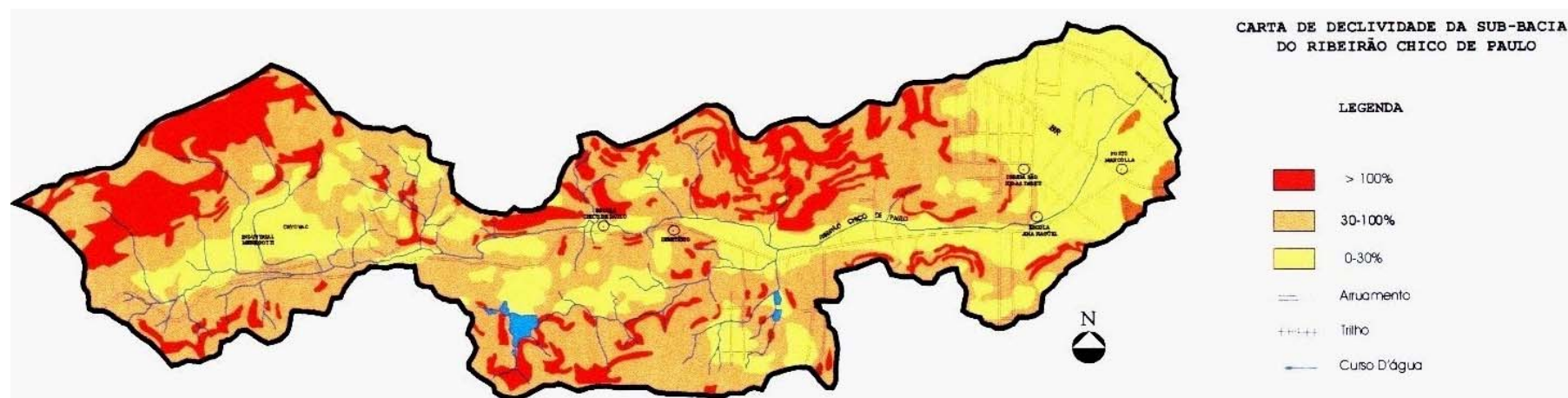
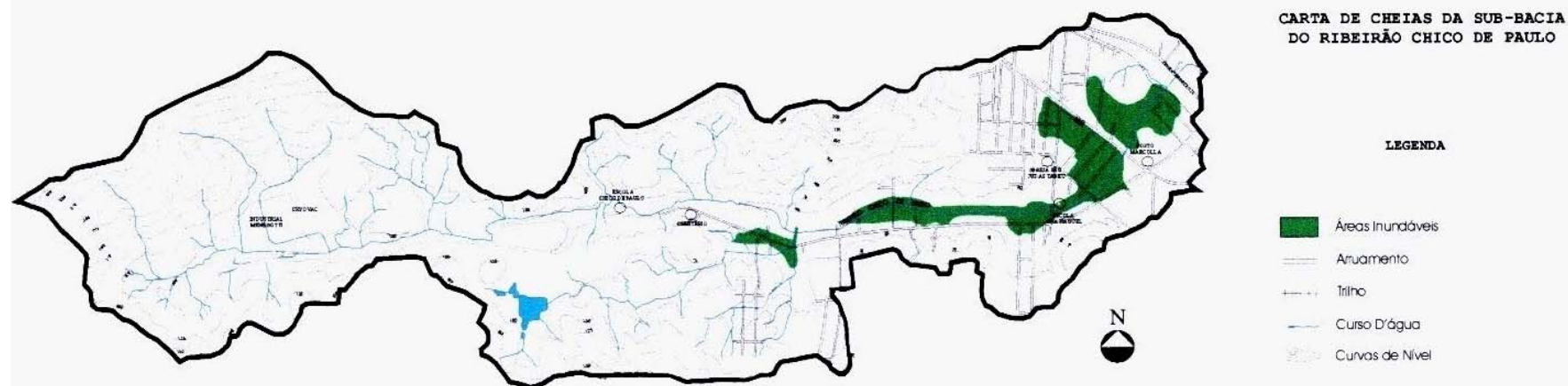
Assim, tão importante quanto a configuração espacial da sub-bacia do Chico de Paulo, seus aspectos geológicos e a presença de cobertura vegetal, são as recentes transformações acarretadas à paisagem, especialmente no que se refere à paulatina urbanização da área.

Fisicamente, a sub-bacia caracteriza-se por apresentar um formato estreito e alongado – o qual dificulta a concentração das águas provenientes dos diversos afluentes - sendo marcada ainda pela predominância de locais com declividade acentuada, em geral superior a 30% (figura 2), indicando forte susceptibilidade à erosão.

No que tange a seu sistema de drenagem (figura 3) - cujo canal principal é afluente do rio Itapocu – este é marcado pela abundância de cursos d’água em face do seu potencial hídrico ser caracterizado pelo clima úmido (Cfa) que predomina em toda a região.

Como enfatizado por Mota (1988), Mota (1981) e Duarte da Silva et al. (2002) outro fator de grande importância devido à função reguladora exercida sobre os fluxos de água, bem como sobre o controle dos processos erosivos, é a cobertura vegetal. Na sub-bacia, essa pertence à região outrora abrangida pela Floresta Ombrófila Densa, não sendo encontrado nenhuma remanescente da Floresta Primária Inalterada.

Porém, especialmente com o declínio da agricultura, a vegetação iniciou um processo de regeneração florestal espontâneo. Hoje, estágios avançados de regeneração recobrem parte dos morros, especialmente as áreas mais íngremes, ainda que seja predominante a ocorrência do estágio pioneiro, especialmente próximo ao ribeirão Chico de Paulo (figura 4).

Embora as alterações do uso e ocupação do solo da sub-bacia mostrem-se pequenas - quando comparadas ao intenso processo de expansão urbana que domina parte da área circundante - os impactos a esta trazidos pela urbanização já podem ser sentidos. Estes, são evidenciados especialmente em épocas com precipitações elevadas, quando a ocorrência de cheias que atingem áreas edificadas é iminente devido à ocupação do leito maior do ribeirão.

Escala: 1:30000
Figura 2 - Carta de declividade da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Chico de Paulo

Escala: 1:30000
Figura 3 - Carta de cheias da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Chico de Paulo

Situada próxima ao centro de Jaraguá do Sul, a sub-bacia cruza atualmente um importante vetor de crescimento urbano da cidade, todavia, a ocupação humana da área não se processa de forma uniforme.

Primeiramente pôde-se notar uma tendência maior a ocupação urbana concentrada em sua porção leste, em locais planos próximos à foz e que correspondem hoje às áreas mais antropizadas. Contudo, é em face da expansão demográfica do Município, e do conseqüente aumento da pressão demográfica exercida pelas áreas limítrofes que se inicia um processo recente e acelerado de urbanização e de modificação da paisagem, induzida igualmente pele incremento do setor secundário na sub-bacia.

Com declínio do setor primário – em geral sustentado pela agricultura de subsistência praticada sobre lotes que se estendiam da estrada principal à linha de cumeada – muitos terrenos começaram a ser parcelados, dando origem a novos loteamentos.

Ainda, conforme as mudanças na estrutura produtiva vem se consolidando, observa-se a expansão da infra-estrutura urbana – em grande parte ociosa e enfatizada especialmente pela melhoria da malha viária - fator que, para Marcondes (1999), possui uma correlação histórica com o adensamento populacional pois, esta indução dos processos de urbanização geralmente apresenta efeitos adversos aos da conservação ambiental com reflexos diretos sobre o sistema de drenagem.

Ao passo que a urbanização intensifica-se nota-se uma tendência à ampliação dos picos cheias, acarretados pela combinação entre o aumento do escoamento superficial e da quantidade de sedimentos transportados para os condutos gerando o assoreamento do sistema de drenagem com conseqüente redução da capacidade dos canais.

Carvalho (1999, p.100), é enfático ao afirmar que os bloqueios da infiltração d'água no solo constituem a causa maior das enchentes urbanas e "deixar de buscar a necessária compensação para este impacto [...] constitui, na materialidade, um crime ambienta".

Aqui, cumpre evidenciar que, embora com conseqüências menos explícitas que as trazidas pelas inundações - o impacto urbano também é manifestado em épocas de seca. De acordo com Tucci (1995, p. 168), uma das principais conseqüências do desenvolvimento, no meio ambiente dos pequenos rios urbanos, tem sido a redução da vazão no período de estiagem.

Na área de estudo, são visíveis ainda os processos de alteração do sistema natural de drenagem próximo a nascente, contribuindo para facilitar a concentração de água a jusante em um processo agravado também pelo sub-dimensionamento da rede de drenagem em locais pontuais, gerando afunilamentos, concentração de águas pluviais e, propiciando o

> [...] aumento de energia da água que, em contato com o terreno natural desencadeia o processo de erosão. [...] Em geral, a situação mais comum é a concentração de águas pluviais através de ruas, galerias, bueiros e eventualmente esgoto, quando a situação torna-se ainda mais grave, tanto com relação ao aumento do volume de água, quanto aos problemas relativos a saúde pública. (CUNHA 1991, p. 36).

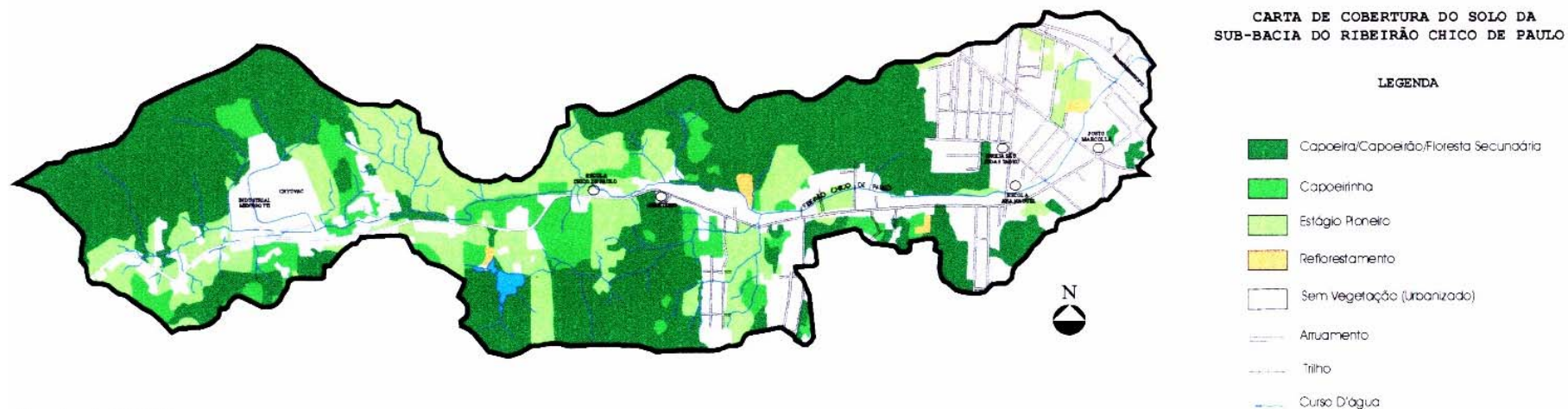
Pressionada pelos moradores, a Prefeitura Municipal tenta minimizar tal situação através da implantação de obras hidráulicas - como a retificação do canal - que apenas transferem o problema para jusante sem, contudo, resolve-lo. Porém, quanto mais adensadas tornam-se as áreas inundáveis, mais onerosas ficam as soluções futuras (Tucci et al, 1995).

E, como apontado por Frank (1999, p.41) - quando do estudo da adoção de tais medias na esfera internacional - “os exemplos estrangeiros mostram de forma inequívoca que [...] obras fluviais de proteção e/ou controle de cheias tornaram-se desacreditadas”.

Assim, a pouca consideração das questões relativas à dinâmica e a problemática ambiental por parte do Poder Público Municipal mediante ações como o caráter menos restritivo frente às áreas de preservação permanente (como demonstra o comparativo das figuras 5 e 6) sinaliza para a ocorrência de eventos futuros muito mais danosos.

Entretanto, de igual importância é a falta de conscientização ambiental da comunidade envolvida, ao passo que a mesma - especialmente em épocas de eventos pluviais mais intensos - despeja entulhos nos cursos d’água comprometendo ainda mais sua vazão. Tal fator aponta também para a não valorização do Ribeirão enquanto elemento dotado de beleza paisagística, sendo o mesmo interpretado pela população, prioritariamente como uma barreira física e, portanto, visto como não digno de maiores cuidados.

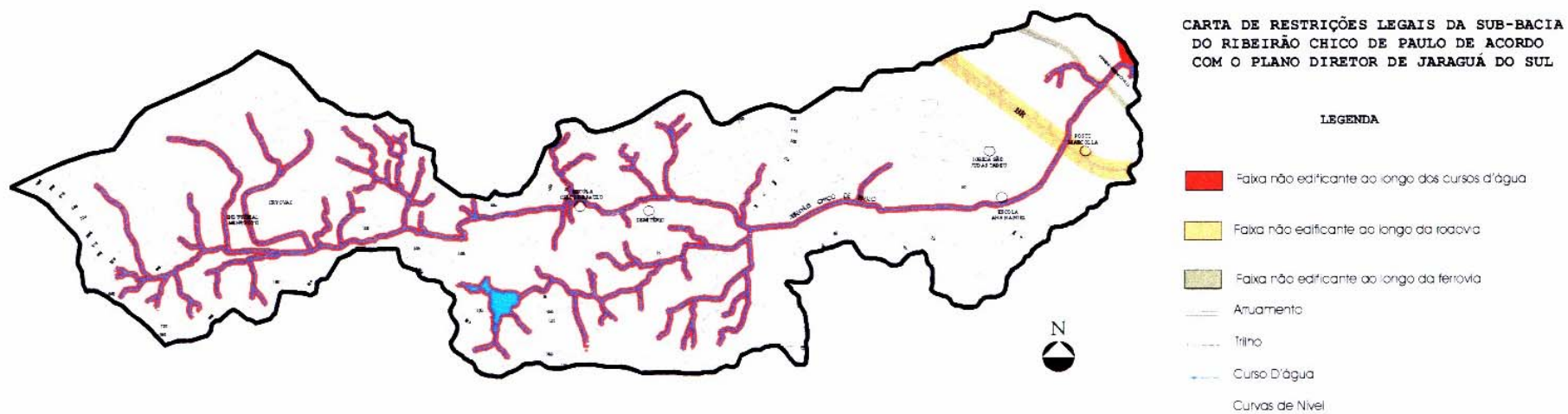
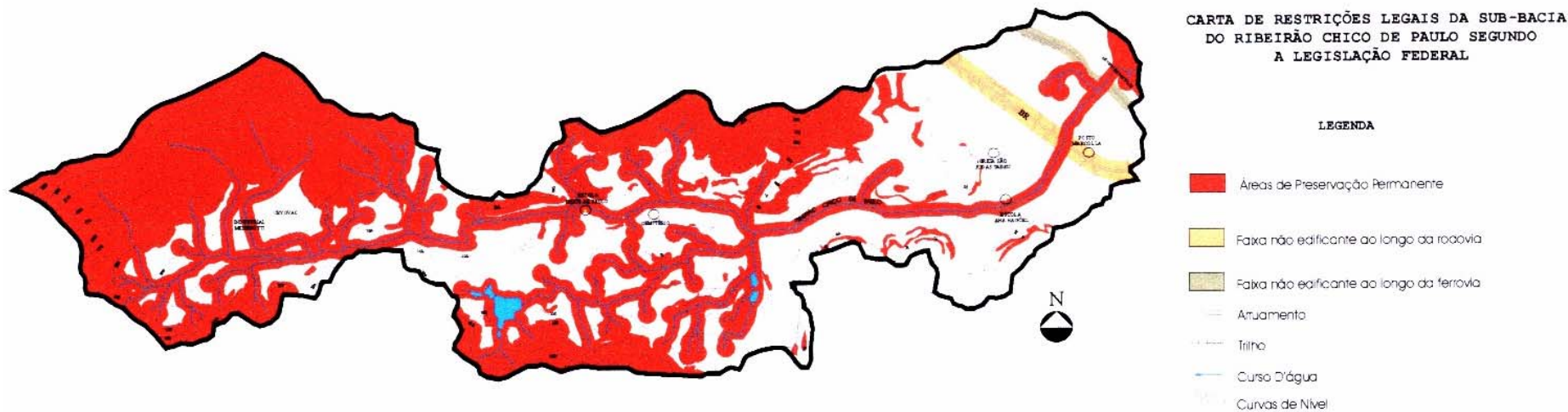
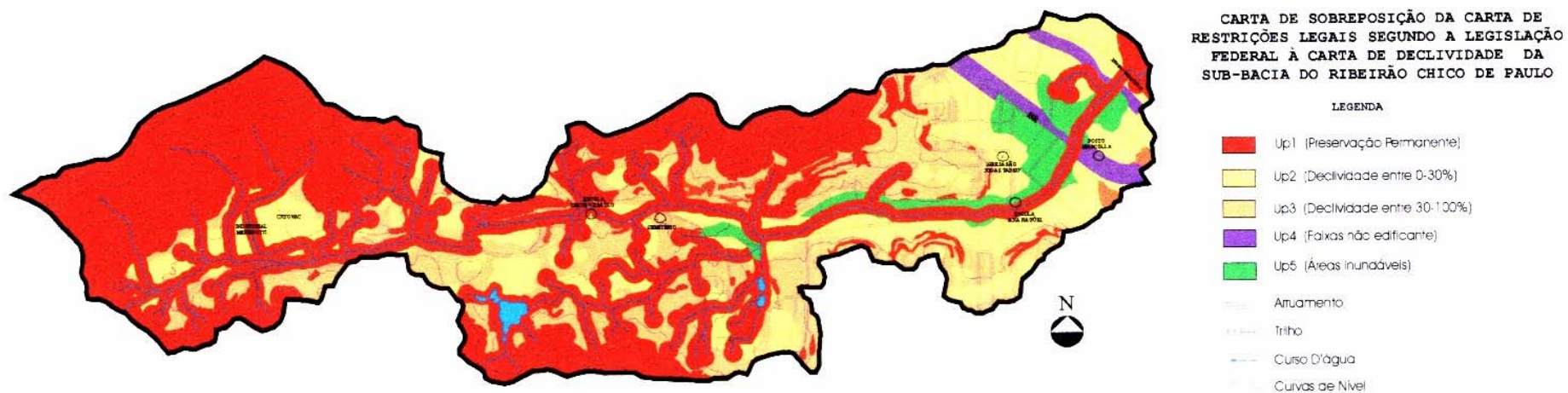
Esta desvalorização pode ser percebida através da configuração das edificações que voltam-se contra o canal principal sendo que, muitas delas têm seus muros ou paredes limítrofes ao curso d’água, ou utilizam-no como meio para o escoamento do esgoto *in natur*a ali despejado, embora a implantação da rede de coleta de esgotos tenha contribuído para uma substancial mudança neste quadro.

Conforme evidenciado na carta de sobreposição da carta de restrições legais segundo a Legislação Federal à carta de declividade (figura 7), poucos são os locais que permitiriam uma ocupação mais intensa na sub-bacia, ou seja, são passíveis parcelamento (declividade menor que 30%) e não são englobados por áreas de preservação permanente.

Escala: 1:30000
Figura 4 - Carta de cobertura do solo da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Chico de Paulo

CARTA DE RESTRIÇÕES LEGAIS DA SUB-BACIA
DO RIBEIRÃO CHICO DE PAULO DE ACORDO
COM O PLANO DIRETOR DE JARAGUÁ DO SUL

LEGENDA

Faixa não edificante ao longo dos cursos d'água
Faixa não edificante ao longo da rodovia
Faixa não edificante ao longo da ferrovia
Arruamento
Trilho
Curso D'água
Curvas de Nível

N

Escala: 1:30000
Figura 5 - Carta de restrições legais da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Chico de Paulo de acordo com o Plano Diretor de Jaraguá do Sul

Escala: 1:30000
Figura 6 - Carta de restrições legais da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Chico de Paulo segundo a Legislação Federal

Escala: 1:30000
Figura 7 - Carta de sobreposição da carta de restrições legais segundo a Legislação Federal à carta de declividade da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Chico de Paulo

O cruzamento da carta de sobreposição gerada com a carta de cobertura do solo (figura 8) demonstra que, dentre as unidades da paisagem classificadas, evidencia-se a maciça urbanização das áreas inundáveis, sendo expressiva ainda a existência de edificações ou estágio pioneiro de regeneração florestal em áreas de preservação permanente, demonstrando a quase total supressão da mata ripária.

Embora se note que parte das encostas apresenta avançada recomposição vegetal – dificultando processos erosivos - é perceptível também a presença de locais com forte declividade e urbanizados, cujo adensamento requer maiores cuidados também no que diz respeito aos riscos de deslizamentos.

Diante dos fatores apontados, uma das medidas atualmente aceitáveis para os planos de urbanização, parte da paulatina devolução dos locais de inundação ao ribeirão para que maiores impactos não venham a ser sentidos.

Faz-se necessário também, além da inevitável revisão do Plano Diretor, a adoção de medidas como a regulamentação de taxas máximas de impermeabilização do solo e a contemplação de medidas preventivas. Estas, compõem-se de pequenas ações cujos efeitos positivos, especialmente em bacias menores, mostram-se mais eficientes sendo menos impactantes que a realização de obras hidráulicas de maior parte para contenção de cheias.

Dentre estas medidas pode-se citar a implantação de pequenos reservatórios de detenção, promovendo o aproveitamento da água de chuva para usos menos nobres, reduzindo o escoamento superficial e possibilitando a otimização do sistema público de abastecimento e tratamento de água.

A obrigatoriedade da manutenção da cobertura vegetal em novos loteamentos, permitindo que o empreendedor apenas realize a supressão desta para a efetivação de obras como a implantação do sistema viário evita que o solo fique exposto enquanto o lote não é edificado, facilitando a infiltração d'água e minimizando processos erosivos, merecendo, por isso, destaque.

Porém, como enfatiza Franco (2001, p.69), "a participação dos habitantes é a primeira lei ecológica [e] a consideração destes como meros consumidores e receptores de serviços, leva a um beco sem saída, do ponto de vista social e ambiental". Assim, cumpre distinguir que a resolução ou minimização da problemática enfrentada pela sub-bacia somente será alcançada mediante a conscientização e participação de todos os agentes antrópicos envolvidos no processo.

Figura 8 - Carta de cruzamento da carta de cobertura do solo com a carta originada pela sobreposição da carta de restrições à de declividade

4. CONCLUSÕES

Embora as cheias não sejam necessariamente sinônimo de catástrofes – sendo antes de tudo um fenômeno oriundo do regime dos rios – vários são os danos trazidos por estas quando o homem deixa de respeitar os limites naturais impostos pelo curso d'água.

Neste sentido, os processos de urbanização possuem papel marcante na ocorrência de desastres naturais bem como na ampliação de seus impactos negativos.

Como demonstra a análise das unidades da paisagem geradas para sub-bacia do Chico de Paulo, ocorre em geral a predominância de edificações especialmente ao longo da planície - englobando áreas que sofrem inundações - sendo bastante destacada ainda a quase total supressão da mata ripária.

Assim, evidencia-se que a necessidade de adoção de medidas estratégicas, como a não permissão da ocupação de áreas inundáveis, é comprometida por pressões que apontam para o seu parcelamento e posterior adensamento.

Deste modo, a presente pesquisa salienta que os danos ocasionados pela urbanização calcada em planos que seguem uma visão predominantemente positivista e progressista - onde predomina o enfoque do crescimento ilimitado e do desenvolvimento econômico sem levar em conta o grau de interferência humana nos biomas terrestres e suas conseqüências - não podem mais ser negligenciados.

Por fim, cabe destacar que este trabalho procurou através de um estudo de caso – as cheias na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Chico de Paulo - fornecer bases para a melhor compreensão dos agentes envolvidos na potencialização das inundações e as conseqüências geradas especialmente pela urbanização, não tendo a pretensão de ser único e definitivo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTOLI, D., DUARTE DA SILVA, T. **Geomorfologia e hidrologia no planejamento da paisagem:** as enxurradas na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Chico de Paulo (Jaraguá do Sul – SC). Jaraguá do Sul: UNERJ, 2002. Relatório de projeto de iniciação científica.

BRASIL. **Lei nº 6.766, de 19 de dez. de 1979.** Dispõe sobre o parcelamento do solo e dá outras providências.

________. **Lei nº 4.771 de 15 de set. de 1965.** Institui o Novo Código Florestal. Brasília: 1965.

CONAMA. **Resolução do CONAMA nº 303, de 20 de mar. de 2002.** Dispõe sobre Áreas de Preservação Permanente. Brasília: 2002.

DUARTE DA SILVA, T.; et al. **Levantamento cadastral básico e diagnóstico preliminar do uso de água da bacia hidrográfica do rio Itapocu**. Jaraguá do Sul: UNERJ, 2002.

FRANCO, M. A. R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. 2ª edição. São Paulo: Annablumme: EDIFURB, 2001.

FRANK, B.. **Uma abordagem para o gerenciamento ambiental da bacia hidrográfica do Rio Itajaí, com ênfase no problema das enchentes**. Florianópolis: UFSC, 1995. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção.

CARVALHO, E. T. **Geologia urbana para todos: uma visão de Belo Horizonte.** Belo Horizonte, 1999.

JARAGUÁ DO SUL. **Lei nº 1.766/93, de 09 de dez. de 1993**. Institui o Código de Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo e dá outras Providências. Jaraguá do Sul, 1993a.

________. **Lei nº 1.767/93, de 09 de dez. de 1993**. Institui o Código de Parcelamento do Solo e dá outras Providências (Com as alterações das Leis 1.871/94, de 15 de ago. de 1993 e, 2.426/98 de 26 de ago. de 1998). Jaraguá do Sul, 1998b.

MARCONDES, M. J. A. **Cidade e natureza: proteção dos mananciais e exclusão social.** São Paulo: Studio Nobel: Ed. da Universidade de São Paulo: FAPESP, 1999.

MOTA, S. **Planejamento Urbano e Preservação Ambiental**. Fortaleza: UFC; PROEDI, 1981.
________. **Preservação dos recursos hídricos**. Rio de Janeiro: ABES, 1988.

TUCCI, C. E. M., et al. **Drenagem urbana.** Rio Grande do Sul: Ed. da Universidade, 1995.

CUSTOS HUMANOS E ECONÔMICOS GERADOS POR DESASTRES NATURAIS OCORRIDOS NO BRASIL NOS ÚLTIMOS 25 ANOS

EULER MAGALHÃES DA ROCHA[1]

[1]Associação dos Ex-alunos da Escola de Engenharia
da Universidade Federal de Minas Gerais - AEAEEUFMG
Instituto de Geohidrotecnologia
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
Rua da Bahia, n° 52 – Centro – Belo Horizonte-MG – CEP 30160-010
aeaufmg@ig.com.br

ROCHA, E. M. Custos humanos e econômicos gerados por desastres naturais ocorridos no Brasil nos últimos 25 anos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 485-498. (CD-ROM)

RESUMO
Este trabalho pretende ser uma contribuição para uma conscientização geral - especialmente das autoridades públicas - sobre a importância e conseqüências dos desastres naturais, podendo servir de subsídio para o desencadeamento de ações eficazes para a PREVENÇÃO destes desastres.

ABSTRACT
This paper intends to be a contribution for general awareness – specially of public authorities – of the importance and consequences of natural disasters, being a subsidy for developing effective actions for NATURAL DISASTERS PREVENTION.

1. INTRODUÇÃO

As informações apresentadas neste trabalho, foram colecionadas pelo Autor, ao longo dos anos, aleatoriamente, sem a preocupação de uma pesquisa sistemática.

Representam desastres que ocorreram, não querendo dizer que foram apenas estes; certamente, outros desastres significativos ocorreram nos mesmos Estados citados e em outros, no período considerado.

O inteiro teor das notícias, cujas manchetes são apresentadas e respectivas fontes de informação, encontram-se em trabalhos do autor relacionados na Bibliografia e em seu arquivo particular.

Tal é a importância dos desastres naturais, que, quando ocorrem, passam a ocupar as principais manchetes da "mídia", transformando-se também em prioridades nas agendas dos governantes.

Dentre as noticias da imprensa sobre os desastres de 2003 em Belo Horizonte, em grande foto no jornal "Estado de Minas" do dia 17 de janeiro aparecem o Prefeito de Belo Horizonte, o Governador de Minas, dois Ministros e o Vice-Presidente da República, na época, investido na Presidência, devido a viagem do Presidente Lula ao exterior. A legenda desta foto é a seguinte: "na visita ao HPS (Hospital de Pronto-

Socorro), José Alencar diz ao Prefeito Pimentel e ao Governador Aécio Neves que *Minas não ficará desamparada* - os Ministros Olívio Dutra e Ciro Gomes vieram a Belo Horizonte acompanhar desdobramentos da tragédia."

Infelizmente, o desastre passa e nada, ou muito pouco é feito para a *prevenção* dos próximos desastres, que certamente ocorrerão. Os quadros a seguir concentram informações sobre desastres ocorridos em Minas Gerais.

QUADRO 1 – DESASTRES CAUSADOS POR CHUVAS INTENSAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS
Anos - 1979, 1983 e 2000

ANO	REGIÃO ATINGIDA	CUSTOS HUMANOS		CUSTOS ECONÔMICOS	
		Nº de mortes	**Nº de vítimas**	**Moeda da época (Cr$)**	**Moeda atual (R$)**
1979	Norte Nordeste	300	450.000	3,5 Bilhões	287 milhões
1983	Metrop/BH	>50	Dezenas de milhares	Bilhões	Dezenas de milhões
2000	Sul	14	Dezenas de milhares	Bilhões	Dezenas de milhões

FONTE: Pesquisa feita pelo Autor nos arquivos microfilmados do jornal “Estado de Minas” e noticiário da imprensa.

.

QUADRO 2 – DESASTRES CAUSADOS POR CHUVAS INTENSAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Período – 1996 a 2004

Ano	Municípios atingidos	DESASTRES		CUSTOS HUMANOS				CUSTOS ECONÔMICOS		
		Deslizamentos	**Enchentes**	**Desabrigados**	**Desalojados**	**Feridos**	**Mortes**	**Desabamentos**	**Edificações danificadas/ destruídas**	**Pontes destruídas**
1996	113	29	489	370	3.878	36	2	134	1.355	27
1997	223	72	3.221	5.466	33.839	63	77	747	2.012	47
1998	45	39	77	83	265	8	0	28	224	24
1999	198	224	4.227	1.528	21.014	628	33	312	7.465	17
2000	85	159	908	543	2.817	14	17	62	479	07
2001	50	04	56	702	960	15	02	106	1.047	01
2002	184	NR	NR	14.744	31.105	311	60	15	11.883	01
2003	230	123	244	12.500	31.028	292	50	221	11.608	709
2004	309	NR	NR	7.495	22.942	629	20	NR	9.599	259
TOTAL	**1.437***	**650**	**9.222**	**43.431**	**147.848**	**1.996**	**261**	**1.625**	**45.672**	**1092**

Fonte: CEDEC/MG e Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais.
NR – não registrado.
* Este total supera o número de municípios do Estado, o que significa que muitos municípios foram atingidos diversas vezes no período considerado.

QUADRO 3 – DESASTRES NATURAIS CAUSADOS POR CHUVAS INTENSAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS
Período – 2000 a 2003
Ocorrências atendidas pelo Corpo de Bombeiros

ANO	DESLIZAMENTO/SOTERRAMENTO		INUNDAÇÃO		DESABAMENTO
	OCORRIDO	IMINENTE	OCORRIDA	IMINENTE	
2000	103	403	642	310	148
2001	056	321	353	234	341
2002	063	595	358	282	225
2003	123	457	244	200	221
TOTAL	**345**	**1.776**	**1.597**	**1026**	**935**

FONTE: Corpo de Bombeiros Militar de .M.G.

2. DESASTRES NATURAIS OCORRIDOS NO BRASIL E SUAS CONSEQÜÊNCIAS (Período - 1979 A 2004/Manchetes da imprensa escrita)

1979 – MINAS GERAIS

- CHUVAS MATAM 16 NO NORTE MINEIRO –23.01.79

- SÃO 44 CIDADES ISOLADAS E 24 MORTOS PELAS CHUVAS – 29.01.79

· Estradas e pontes destruídas isolam muitas cidades.

- EM JUIZ DE FORA AS CHUVAS MATARAM SEIS PESSOAS – 03.02.79

· Na Zona da Mata, são 17 mil desabrigados

- NO VALE DO AÇO, A MORTE DE 31 PESSOAS – 04.02.79

- RIO SÃO FRANCISCO INUNDA DE TRÊS MARIAS ATÉ A BAHIA – 04.02.79

- OURO PRETO E BELO HORIZONTE, MUITA CHUVA – 04.02.79

- GOVERNADORES SOBREVOAM OS VALES E DECRETAM EMERGÊNCIA EM TRÊS CIDADES – 04.02.79

· Num Bandeirantes do Governo do Estado, os governadores mineiros sobrevoam as regiões inundadas (foto)

- DECRETADO ESTADO DE EMERGÊNCIA EM MG – 07.02.79

- GOVERNADOR FALA DE UMA GRANDE TRAGÉDIA NACIONAL – 07.02.79

· Sem rodeios, o governador Ozanam Coelho mostrou todo o drama do povo ao governo federal.

- OURO PRETO AMEAÇADA E SEM LIGAÇÃO COM BELO HORIZONTE – 07.02.79

· Os desabamentos e deslizamento ameaçam Ouro Preto e sua história.

- QUINZE MIL SEM ENERGIA – JUIZ DE FORA CONTA OS MORTOS - 07.02.79

- NO NORTE DE MINAS , MAIS DE DOZE MIL DESABRIGADOS- 07.02.79

- NO VALE DO AÇO, SÃO 62 MORTOS ATÉ AGORA – 07.02.79

- O MEDO DO TIFO E OUTRAS DOENÇAS CHEGA DO INTERIOR – 07.02.79

- GOVERNADOR CANCELA AUDIÊNCIAS – 07.02.79

- SÃO 200 MIL DESABRIGADOS E 256 MORTOS – 07.02.79

- NA GRANDE BH, CEMIG TEM SETE MIL EMERGÊNCIAS POR DIA – 08.02.79

• A DRAMÁTICA SITUAÇÃO DE JEQUITINHONHA – 08.02.79
· Na porta da Prefeitura de Jequitinhonha, desabrigados esperam alimentos e ajuda.

• JÁ SÃO MAIS DE 130 CIDADES INUNDADAS – 08.02.79

• MORTES EM MINAS JÁ SÃO 300 – 08.02.79

• O AEROPORTO ABRE E FECHA, NAS ESTRADAS, AS BARREIRAS 09.02.79

• A CIDADE PAROU POR CAUSA DAS CHUVAS - 10.02.79
· As águas do Arrudas transbordaram cobrindo carros e inundando grande parte das lojas comerciais instaladas na Avenida dos Andradas

• CHUVAS FAZEM VALE DEIXAR DE VENDER 1 MILHÃO DE TONELADAS – 10.02.79
· Usiminas normaliza produção
· Cosipa evita reduzir produção
· Volks transporta veículos por navio

• COMÉRCIO DE BH DEBATE SEUS PREJUÍZOS E PEDE TOLERÂNCIA – 10.02.79
• ESTRADAS PRECÁRIAS DEIXAM OS LATICÍNIOS SEM 40% DE LEITE

• DESLIZAMENTO DESTRUIU TAMBÉM DUAS RUAS E UMA PRAÇA NO SANTO ANTÔNIO – 10.02.79

• NO VALE DO RIO DOCE, A PEQUENA AMOSTRA DO DILÚVIO - 13.02.79
· Na ponte da ilha, a desolação tomou conta da população e o bombeiro retira o corpo de uma criança eletrocutada, cuja morte não pôde ser evitada pelo atraso do trem

• FUTURO GOVERNADOR PROMETE PRIORIDADE PARA DRAMA SOCIAL – 13.02.79

• MINAS TEM AJUDA DE 400 MILHÕES -14.02.79

• AJUDA PARA A RECONSTRUÇÃO SERÁ DADA A 450 MIL EM MINAS 15.02.79

• BELO HORIZONTE, UMA CIDADE ARRASADA – 15.02.79

• EM ALMENARA, DRAMA DE QUASE TODA UMA POPULAÇÃO SEM CASA E LAVOURA – 16.02.79

• BARREIRAS DESLIZAM: BR-116 E BR-262 INTERDITADAS – 16.02.79

• OS DESABRIGADOS CHEGAM A 450 MIL – 15.02.79

• OZANAM A GEISEL: PREJUÍZOS DE MINAS COM ENCHENTES SÃO DE 3,5 BILHÕES – 08.03.79

· Para reconstruir Minas apenas no setor do governo são necessários 3,5 bilhões

• DINHEIRO PARA 65 CIDADES – 08.03.79

1983 –MINAS GERAIS

• ATACADISTAS PERDEM 3 BILHÕES E ADVERTEM: PODEM FALTAR ALIMENTOS - 04.01.83
• A LAMA E A POLÍCIA NÃO IMPEDEM A LUTA PELOS RESTOS DOS ATACADISTAS – 04.01.83

• A DOR DOS DESABRIGADOS, O PIOR RETRATO DA VIOLÊNCIA DAS ÁGUAS – 04.01.83

• GOVERNO CRIA COMISSÃO E DECLARA SITUAÇÃO DE CALAMIDADE EM BH

• REDE TEM PREJUÍZO DE 55 MILHÕES E PARALISA OS TRENS DE SUBÚRBIO – 04.01.83
· A águas destruíram vários trechos de ferrovias. Alguns ficaram literalmente no ar. Por isso, a Rede não sabe quando os trens voltarão a circular.

• BOMBEIRO SALVAVA E SEUS PAIS MORRIAM – 04.01.83

• OS HOSPITAIS ATENDERAM A 230 PESSOAS – 04.01.83

• 52 MORTOS JÁ FORAM ENCONTRADOS – 04.01.83
· Corpo de Bombeiros: abnegação, coragem e amor ao ser humano. Seus soldados resgatam 10 mortos.
· O prefeito culpa os senadores

• EIS O SANTA TEREZINHA. AQUI NEM OS BOMBEIROS QUISERAM ENTRAR – 07.01.83
· Pela altura em que ficaram os restos da tragédia, pode-se ter uma idéia da altura que as águas atingiram no bairro

• O EDIFÍCIO ZENITH CONTINUA SOB INTERDIÇÃO 10.02.83

• SÃO FRANCISCO INUNDA MARGENS E DESABRIGADOS JÁ SÃO 8.187. – 19.02.83

• BARRANCO AMEAÇA BAIRRO DESDE A ENCHENTE. E NINGUÉM FAZ NADA 22.02.83

• “VELHO CHICO” ESCONDE PREJUÍZO – 22.02.83
• ENCHENTE, UMA HISTÓRIA ANTIGA – 22.02.83

• DESLIZAMENTO DERRUBA PISTA DUPLA NA BR-040 – 03.03.83

• MAIS UMA ENCHENTE. SALDO: 1 MORTO E 447 DESABRIGADOS – 03.03.83
· O danos nas ruas e no trânsito

• PBH REMOVE TODOS OS FAVELADOS DO PERRELA – 08.03.83

• RECUPERAÇÃO DA BR DEPENDE DO SOL – 08.03.83

• CHUVAS FAZEM MAIS DE 110 FLAGELADOS – 08.03.83

• DESLIZAMENTO FECHA UMA RUA E UM PRÉDIO
· A terra chegou até a portaria social do prédio 139 da rua Anita Garibaldi

1985 – ESPÍRITO SANTO

• TRAGÉDIA DE VITÓRIA PODE CHEGAR A 100 MORTOS – 1985

1985 – MINAS GERAIS

• **CIDADE DE JUIZ DE FORA:**
  - 217 deslizamentos
  - 169 casos de desabamento
  - 1218 desabrigados
  - 12 mortes

Obs. – dados obtidos em trabalho que consta dos Anais do VIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações realizado em Porto Alegre em 1986.

1985 – BAHIA

• Cidade de Salvador
  - 1650 deslizamentos
  - 550 casas destruídas
  - dezenas de mortos

1988 – RIO DE JANEIRO

• ESTADO DE EMERGÊNCIA NO RIO: MAIS DE 200 MORTES – FEV/88

• RIO: TRAGÉDIA DEIXA MAIS DE 200 MORTOS – 21.02.88

• AVALANCHE MATA 40 EM HOSPITAIS NO SUMARÉ

• SÓ NA TIJUCA, DOIS MIL DESABRIGADOS – 22.02.88

• NOS MORROS DA TIJUCA:700 BARRACOS AMEAÇADOS – 23.02.88

• RIO PEDE RECURSOS PARA OBRAS CONTRA ENCHENTES –22.02.88

- O RIO AGORA PROCURA SOLUÇÕES PARA EVITAR NOVAS TRAGÉDIAS – FEV/88

- MOREIRA SOBREVOA PONTOS CRÍTICOS – FEV/88

- SARNEY ESPERA RELATÓRIO PARA AUMENTAR AJUDA – FEV/88

- O RIO VEIO ABAIXO – 01.03.88

· Uma chuva descomunal, matou, feriu e desabrigou.mas o Brasil ajuda a reconstruir o Rio.

1995 – BAHIA

- SOTERRAMENTO NA BAHIA PODE TER 100 MORTOS – 31.05.95

- SOBE PARA 44 O NÚMERO DE MORTOS EM SALVADOR – 04.06.95

- NOVA TRAGÉDIA MATA MAIS QUATRO NA BAHIA – junho/95

· Pode haver ainda 40 mortos

2000 – MINAS GERAIS

- CHUVAS PODEM PROVOCAR FALÊNCIA NO SUL DO ESTADO – 07.01.00

· Muitas empresas não terão condições de compensar o prejuízo

- MINAS TEM OITO MORTOS E 71.900 DESABRIGADOS – 06.01.00

· Há dez municípios em estado de calamidade pública e outros sete em situação de emergência.

- RIO INUNDA 80% DE ITAJUBÁ E 5 MORREM – 05/01/00

- ITAMAR MUDA CAPITAL PARA ÁREA ATINGIDA- 05.01.00

- CIDADE DE MG DIZ TER 21 MIL DESABRIGADOS – 05.01.00

- EM MINAS, HÁ MAIS DE 30 MIL DESABRIGADOS – 05.01.00

· Números levam o governador a transferir rede administrativa para o sul do Estado

- SUL DE MINAS JÁ TEM 32 MIL DESABRIGADOS – 05.01.00

- POUSO ALEGRE DECRETA CALAMIDADE PÚBLICA – 05.01.00

- ITAJUBÁ TEM QUATRO MORTOS POR CAUSA DAS TEMPESTADES – 05.01.00

- SOBE PARA 11 O NÚMERO DE MORTOS EM MINAS – 05.01.00

- MINAS JÁ TEM PELO MENOS 10 MIL DESABRIGADOS – 04.01.00

· Do Natal até ontem sete pessoas morreram em conseqüência das chuvas no estado

- TEMPORAL CONTÍNUO ARRASA SUL DE MINAS – 04.01.00
· Desabrigados já chegam a 10 mil no Estado, 5 municípios decretaram calamidade pública e três, estado de emergência

- DEZESSETE CIDADES TIVERAM COMUNICAÇÕES CORTADAS – 04.01.00

- CHUVAS LEVAM PAVOR ÀS ÁREAS DE RISCO – 04.01.00
· Moradores de encostas vivem sob a ameaça de deslizamentos que podem soterrar os barracos

2004 - MINAS GERAIS, PARÁ, TOCANTINS, GOIÁS, CEARÁ, BAHIA, SERGIPE, SÃO PAULO, PERNAMBUCO, PIAUÍ, ALAGOAS, RIO GRANDE DO NORTE, PARAÍBA, RIO DE JANEIRO.

- DESLIZAMENTO MATA 4 EM JUIZ DE FORA – 10.01.04

- DONA DE CASA É SOTERRADA POR BARRANCO –11.01.04

- CHUVA CAUSA MAIS UMA MORTE NO ESTADO – 12.01.04

- TRAGÉDIA FAZ UM ANO E DEIXA SEQÜELAS – 14.01.04
· Morte de seis filhos e três sobrinhos soterrados no Morro das Pedras, em janeiro do ano passado, arranca lágrimas e sofrimento de casal que busca, em Deus, motivos para sobreviver com ausência dos entes amados.

- SOBE PARA 14 OS MORTOS PELAS CHUVAS – 16.01.04

- CHUVAS DESABRIGAM 8,6 MIL EM MG – 16.01.04
- PREJUÍZO EM MG JÁ SUPERA R$ 35 MI – 17.01.04

- CHUVAS DANIFICAM 141 PONTES EM MINAS GERAIS – 18.01.04

- SOBE O NÚMERO DE MORTOS NO RIO – 18.01.04
· Defesa civil do Estado já conta com 11 vítimas fatais, 1.473 desalojados e 473 desabrigados.

- MAIS PREJUÍZO NO NORDESTE – 20.01.04
· Os Estados mais afetados são Sergipe, Bahia, Alagoas e Pernambuco, que já convivem com deslizamentos de terras, desmoronamentos de casas e pontes em estradas e alagamentos.o número de desabrigados e desalojados ainda não foi computado em toda a região.

- CHUVAS CASTIGAM OS ESTADOS DO NORDESTE – 29.01.04
· Cresce o número de mortes e desabrigados na região.

• CHUVAS CASTIGAM REGIÃO NORDESTE –01.02.04
· Cheias do rio São Francisco já provocaram pelo menos 10 mortes em Sergipe. A cidade de Almeiroz, Ceará, ficou alada após rompimento de açude.

• TEMPORAL ALAGA RUAS E PÁRA METRÔ EM SÃO PAULO – 03.02.04

• CHUVA NÃO APAGA PREJUÍZO DA SECA – 04.02.04
· Em janeiro, índice pluviométrico foi quase 50%maior que a média dos últimos 30 anos no Norte de Minas, mas insuficiente para a recuperação das perdas dos agricultores.

• MAIS CINCO MORTES EM PERNAMBUCO – 04.02.04
· Número de vítimas fatais no estado sobe para 27 e desabrigados somam cerca de 10 mil. Presidente Lula chega hoje ao Nordeste, acompanhado de Ministros, para visitar as regiões mais atingidas.

• LULA PROMETE RAPIDEZ NA AJUDA AO NORDESTE – 04.02.04

• GOVERNO QUER TEMPO PARA REPARAR OS DANOS – 06.02.04
·O Presidente Luiz Inácio Lula da Silva pediu ontem à população brasileira tempo para que o governo avalie e adote corretamente as medidas necessárias para resolver os problemas causados pelas enchentes que vêm atingindo o País desde final de janeiro.

• PREJUÍZOS - 06.02.04
· ALAGOAS: 2,5 mil desabrigados, seis mortos, 16 municípios em situação de emergência, dois reunindo documentação para decretar situação de emergência.
· CEARÁ: 14.450 desabrigados e 21.684 desalojados, 13 mortos e 2 desaparecidos, 15 municípios em situação de emergência e cinco em estado de calamidade pública.
· RIO GRANDE DO NORTE: 8.329 desabrigados e 10.565 desalojados em estado de calamidade pública, um morto e um desaparecido.
· PARAÍBA: 12,5 mil desabrigados, dez mortos, seis desaparecidos, 24 municípios em estado de calamidade pública.
· PERNAMBUCO (Estado em situação de emergência). 2.423 famílias desabrigadas, 24 mortos, 27 municípios em estado de calamidade pública.
· BAHIA: 5 mil desabrigados, 12 mortos, 72 municípios em estado de calamidade pública.
· SERGIPE: 400 famílias desabrigadas, 12 mortos, 12 municípios em situação de emergência e quatro em estado de calamidade pública.
· PIAUÍ: (Estado em situação de emergência). 14.237 desabrigados, 60 municípios em situação de emergência e seis em estado de calamidade pública.

• PERNAMBUCO COMEÇA OBRAS SEM RECURSO – 07.02.04
· Governo Federal anunciou liberação de verbas, mas o Governador reivindica mais dinheiro.

• MEDO DA CHUVA CHEGAS ÀS MANSÕES DE BH – 09.02.04

• TROMBA D'ÁGUA E MAIS DESTRUIÇÃO – 13.02.04
· Em Guanhães, tempestade surpreende moradores, delegacia, quartel da PM e rodoviária

são atingidos. Em Juiz de Fora, pedra de 20 toneladas desaba sobre linha e provoca desencarrilhamento de tem.

- 300 MIL SEM LUZ − 29.02.04
- A tempestade que tomou conta de Belo Horizonte deixou mais de 300.000 pessoas sem luz....
- MARABÁ DECRETA ESTADO DE CALAMIDADE PÚBLICA − 02.03.04
- A prefeitura de Marabá, sul do Pará decretou ontem estado de calamidade pública por causa das enchentes. 8,5 mil pessoas desabrigadas.

- O GOVERNO DE TOCANTINS ESTIMA EM 850 O NÚMERO DE FAMÍLIAS DESABRIGADAS PELAS ENCHENTES EM TODO O ESTADO − 02.03.04

- PREVISÃO DE ENCHENTES EM GOIÁS − 02.03.04
- MAIS QUATRO MORTES NO CEARÁ DEVIDO A CHUVAS – 09.03.04

- SEIS MIL DESABRIGADOS − 26.03.04
- As fortes chuvas voltaram a causar destruição nos últimos dias no interior baiano,atingido por temporais em janeiro.

- CHUVAS INVADEM DOMÍNIO DA SECA − 27.03.04
- Várias cidades do Vale do Mucuri e Jequitinhonha, regiões que tradicionalmente sofremcom a seca, foram castigadas por fortes chuvas que começaram no início da semana.

- CHUVA DEIXA MACEIÓ ALAGADA E FAZ 14 MORTOS – 02.06.04
- Catorze pessoas morreram em Maceió em decorrência de fortes chuvas. Segundo a Defesa Civil de Alagoas, doze foram soterradas em deslizamentos de terra e duas foram vítimas de afogamentos. A maior parte da cidade amanheceu alagada e o trânsito ficou parado. Foi decretado estado de calamidade.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, 1988.

BRASIL. Decreto n° 895, de 16 de agosto de 1993.

CEDEC/MG. **Manual para Decretação de Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade Pública**. Belo Horizonte - Reprodução, 1999.

DEPARTAMENTO de Defesa Civil. **Glossário de Defesa Civil**, Estudos de Risco e Medicina de Desastre. Brasília, 1998.

DEPARTAMENTO de Defesa Civil. **Política Nacional de Defesa Civil**. Brasília, 1996.

FREITAS, A. J. et al. **Equações de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 2001.

ROCHA, E. M. **O Problema de Encostas em Áreas Urbanas** –VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES. Porto Alegre/RS, 1986.

ROCHA, E. M. **O problema de Encostas em Áreas Urbanas**. Março/1988. (Monografia).

ROCHA, E. M. **Projeto de Estabilização de Encostas em Áreas Urbanas do Estado de Minas Gerais.** Maio/1988. (Monografia).

ROCHA, E. M. **Projeto de Estabilização de Encostas em Áreas Urbanas da cidade de Juiz de Fora**. Janeiro/1989. (Monografia).

ROCHA, E. M. **Problemas de Encostas de Risco em Áreas Urbanas do Estado de Minas Gerais**. Junho/1995. (Monografia).

ROCHA, E. M. **Planejamento Técnico para Prevenção de Desastres causados por Chuvas Intensas**. Janeiro/2000. (Monografia).

ROCHA, E. M. **Programa Preventivo de Proteção e Assistência às Populações das Áreas de Risco do Estado de Minas Gerais**. Abril/2000. (Monografia).

MÉTODO PARA CLASSIFICAÇÃO DO "GRAU DE RISCO" DE DESASTRES NATURAIS

EULER MAGALHÃES DA ROCHA[1]

[1]Associação dos Ex-alunos da Escola de Engenharia
da Universidade Federal de Minas Gerais - AEAEEUFMG
Instituto de Geohidrotecnologia
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
Rua da Bahia, n° 52 – Centro – Belo Horizonte-MG – CEP 30160-010
aeaufmg@ig.com.br

ROCHA, E. M. Método para classificação do "grau de risco" de desastres naturais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 499-506. (CD-ROM)

RESUMO
O "Grau de Risco" de uma área de risco, é um parâmetro de fundamental importância para a elaboração de Projetos de Prevenção de Desastres Naturais, pois o mesmo permite a definição de urgências e prioridades das soluções. O presente trabalho apresenta um Método, prático e de fácil aplicação, para a determinação do parâmetro em tela.

ABSTRACT
The "Level of Risk" of a risk area is a parameter of fundamental importance for Prevention Projects of Natural Disasters, as it allows to define the urgencies and priorities of solutions. This paper presents a method, practical and of easy application to determine that parameter.

1. INTRODUÇÃO

Para a elaboração de "Projetos de Prevenção de Desastres Naturais", seja para problemas localizados ou para uma região, torna-se indispensável a classificação do "Grau de Risco" de cada problema previamente identificado por um "cadastramento inicial".

Com base nesta "Classificação" é que serão definidas as urgências e prioridades das soluções, alocação de recursos, cronogramas etc.

O método aqui proposto, foi inicialmente apresentado, em forma simplificada, ao VIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, realizado em Porto Alegre-RS, em 1986 (ROCHA, Euler Magalhães da. *O problema de encostas em áreas urbanas*), tendo sido complementado em abril de 2000 (ROCHA, Euler Magalhães da. *Programa preventivo de proteção e assistência às populações das áreas de risco do Estado de Minas Gerais*, v. III, abril, 2000); a versão agora apresentada representa o aprimoramento das versões anteriores.

Este método pode ser aplicado também para desastres ambientais e outros antropogênicos.

2 MÉTODO PARA CLASSIFICAÇÃO DO "GRAU DE RISCO"

2.1 Tipos de Riscos

Para cada "Área de Risco", ou para cada problema, serão analisados, independentemente, quatro diferentes tipos de risco, designados por:

R_1 – RISCOS HUMANOS;
R_2 – RISCOS ECONÔMICOS PRIVADOS;
R_3 – RISCOS ECONÔMICOS PÚBLICOS;
R_4 – RISCOS DE AGRAVAMENTO;

assim conceituados:

R_1 – Quando houver risco para a integridade do ser humano: ferimentos, mortes, desabrigo, doenças etc.;
R_2 – Quando houver riscos para propriedades privadas e/ou para atividades industriais e comerciais;
R_3 – Quando houver risco para edificações públicas, vias, logradouros e equipamentos urbanos, estradas, pontes etc.;
R_4 – Quando houver risco de evolução e agravamento do risco.

2.2 Situação do Risco (SR) – Nível de Gravidade do Risco (NR)

Para cada tipo de risco será feita a avaliação da situação do mesmo, ou seja, avaliação das possibilidades de existência do risco e identificado o seu "Nível de Gravidade", de acordo com a Tabela abaixo:

TABELA 1

SITUAÇÃO DO RISCO (SR)	NÍVEL DE GRAVIDADE DO RISCO (NR)
Possibilidade nula	Sem gravidade
Possibilidade pouco provável	Gravidade média
Possibilidade provável	Grave
Possibilidade efetiva	Muito grave

2.3 Número de pontos do risco

A cada nível de gravidade do risco corresponderá um número de pontos, de acordo com a Tabela seguinte:

TABELA 2

NÍVEL DE GRAVIDADE (NR)	NÚMERO DE PONTOS
Sem gravidade	0
Gravidade média	1
Grave	5
Muito grave	21

2.4 Pontuação da Área de Risco (PA)

A pontuação PA da área de risco, ou seja, do problema global que está sendo estudado, será a soma dos números de pontos atribuídos aos quatro tipos de riscos analisados.

2.5 Nível de Gravidade da Área de Risco (NA)

Entrando-se com a "Pontuação da Área de Risco" (PA) no eixo vertical do Ábaco anexo, obtém-se, no eixo horizontal, o NA - Nível de Gravidade da "Área de Risco", identificado em quatro faixas:

- SEM GRAVIDADE - SG
- GRAVIDADE MÉDIA – GM
- GRAVE – GV
- MUITO GRAVE – MG

2.6 Intensidade da Gravidade da Área de Risco (IG)

Dentro de cada faixa, a gravidade do risco será tão mais intensa, quanto maior for a pontuação, PA.

A Intensidade da Gravidade (IG) dentro de cada faixa de classificação, será medida por um parâmetro IG, variável de 1 a 2.

A "Intensidade da Gravidade" (IG) é classificada como:

- Mínima $IG = 1$
- Baixa $1 < IG \leq 1,4$
- Média $1,4 < IG \leq 1,6$
- Alta $1,6 < IG < 2$
- Máxima $IG = 2$

O valor de IG é lido diretamente na diagonal do Ábaco.

2.7 "Grau de Risco" (GR)

O GR – "Grau de Risco" é composto pelo nível (NA) e pela intensidade (IG) do risco global da área estudada e representado da seguinte forma:

GR = NA/IG

Exemplo:

GR = MG/1,

significa Grau de Risco classificado como "muito grave" com intensidade 1 (mínima).

GR = GV/2,

significa, Grau de Risco classificado como "grave" com intensidade 2 (máxima).

3. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO MÉTODO

3.1 Inspeção local

3.1.1 Responsabilidade

O método será aplicado com base nas informações obtidas pela Inspeção Local do problema, já identificado no "Cadastramento Inicial".

Assim sendo, estas informações se revestem da maior responsabilidade, devendo ser tecnicamente corretas e, para que assim seja, a inspeção local deverá ser realizada por profissionais experientes e de notória especialização.

3.1.2 Diretrizes para a "Inspeção Local"

A Equipe Técnica, após análise do "Cadastramento Inicial" fará a inspeção local das áreas indicadas como de risco, de acordo com adequada programação.

Esta inspeção visual do problema será a base de toda a programação dos estudos a serem feitos e da solução a ser dada, devendo contemplar os seguintes aspectos básicos:

- verificação dos dados do Cadastramento Inicial; estes dados deverão ser checados e aprimorados;
- complementação dos dados do Cadastramento Inicial; este cadastramento deverá ser complementado com dados mais técnicos e mais aprofundados, contemplando:
  - aspectos geotécnicos, geológicos e hidrológicos;
  - aspectos do meio ambiente:
    - existência de ações degradantes;
    - ocupação e uso da área de risco.

➢ identificação dos tipos de riscos existentes.

3.1.3 Relatório de Inspeção

As informações e dados obtidos na “Inspeção Local” deverão ser enfeixados no “Relatório de Inspeção”, o qual servirá de base para aplicação do Método.

3.2 Aplicação do Método

Pela análise do Relatório de Inspeção serão inferidos a “Situação de Risco” (SR) e o respectivo “Nível de Gravidade” (NR) para cada um dos quatro tipos de risco R_1, R_2, R_3 e R_4, conforme TABELA 1.

Em função de NR serão atribuídos os números de pontos de cada risco de acordo com a TABELA 2, obtendo- se a TABELA 3.

TABELA 3

TIPO DE RISCO	SITUAÇÃO DO RISCO (SR)	NÍVEL DE GRAVIDADE (NR)	NÚMERO DE PONTOS
R_1			X_1
R_2			X_2
R_3			X_3
R_4			X_4

A “Pontuação da Área de Risco” será: $PA = X_1 + X_2 + X_3 + X_4$

Entrando-se com o valor de PA no eixo vertical do Ábaco do Método, obtém-se, no eixo horizontal o valor de NA – “nível de gravidade da Área de Risco” e, na diagonal o valor de IG – “intensidade do risco”. O “Grau de Risco” da “Área de Risco” analisada será:

$$GR = NA/IG$$

4. CONCLUSÃO

O Método apresentado é de fácil aplicação, conforme exemplificado a seguir:

- Na elaboração do “Projeto de Prevenção de Desastres Naturais” para uma determinada região, uma encosta em área urbana foi identificada como “Área de Risco”.

  O Relatório de Inspeção realizado informa:

  - a encosta é habitada e existe *possibilidade efetiva* de risco de vida (R_1);
  - existe *possibilidade efetiva* de danificação de casas particulares (R_2);

- danos à via pública são de *possibilidade nula* (R_3);
- O risco de evolução e agravamento do problema é de *possibilidade provável* (R_4).

Estas informações permitem montar o seguinte quadro:

TIPO DE RISCO	**SITUAÇÃO DO RISCO (SR)**	**NÍVEL DE GRAVIDADE (NR)**	**NÚMERO DE PONTOS**
R_1	Possibilidade efetiva	Muito grave	21
R_2	Possibilidade efetiva	Muito grave	21
R_3	Possibilidade nula	Sem gravidade	0
R_4	Possibilidade provável	Grave	5

Assim, PA = 21 + 21 + 0 + 5 = 47

Entrando-se com este valor no eixo vertical do Ábaco obtém-se, no eixo horizontal NA = MG e na diagonal, IG = 1,41.

Portanto, o "Grau de Risco" da encosta será expresso por

$$GR = MG/1,41$$

ou seja: MUITO GRAVE com INTENSIDADE MÉDIA.

ÁBACO
PARA CLASSIFICAÇÃO DO
"GRAU DE RISCO" – GR

MÉTODO EULER MAGALHÃES DA ROCHA – MAIO / 2004

SG – SEM GRAVIDADE
GM – GRAVIDADE MÉDIA
GV – GRAVE
MG – MUITO GRAVE

GR = NA/IG

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, 1988.

BRASIL. Decreto n° 895, de 16 de agosto de 1993.

CEDEC/MG. **Manual para Decretação de Situação de Emergência ou de Estado de Calamidade Pública**. Belo Horizonte - Reprodução, 1999.

DEPARTAMENTO de Defesa Civil. **Glossário de Defesa Civil**, Estudos de Risco e Medicina de Desastre. Brasília, 1998.

DEPARTAMENTO de Defesa Civil. **Política Nacional de Defesa Civil**. Brasília, 1996.

FREITAS, A. J. et al. **Equações de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 2001.

ROCHA, E. M. **O Problema de Encostas em Áreas Urbanas** –VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES. Porto Alegre/RS, 1986.

ROCHA, E. M. **O problema de Encostas em Áreas Urbanas**. Março/1988. (Monografia).

ROCHA, E. M. **Projeto de Estabilização de Encostas em Áreas Urbanas do Estado de Minas Gerais.** Maio/1988. (Monografia).

ROCHA, E. M. **Projeto de Estabilização de Encostas em Áreas Urbanas da cidade de Juiz de Fora**. Janeiro/1989. (Monografia).

ROCHA, E. M. **Problemas de Encostas de Risco em Áreas Urbanas do Estado de Minas Gerais**. Junho/1995. (Monografia).

ROCHA, E. M. **Planejamento Técnico para Prevenção de Desastres causados por Chuvas Intensas**. Janeiro/2000. (Monografia).

ROCHA, E. M. **Programa Preventivo de Proteção e Assistência às Populações das Áreas de Risco do Estado de Minas Gerais**. Abril/2000. (Monografia).

ANÁLISE HISTÓRICA DAS ENCHENTES EM CURITIBA-PR : MEDIDAS PROPOSTAS E CONSEQÜÊNCIAS OBSERVADAS

HELENNE JUNGBLUT GEISSLER[1]
RUTH EMÍLIA NOGUEIRA LOCH[2]

[1]UFSC – Depto. de Engenharia Civil
CEP 88040-900 Florianópolis SC
[2]UFSC - Prof. Adj Depto. de Geografia
CEP 88040-900 Florianópolis SC
hnjgeissler@yahoo.com.br; ecv1rnl@ecv.ufsc.br

GEISSLER, H. J.; LOCH, R. E. N. Análise histórica das enchentes em Curitiba-PR: medidas propostas e conseqüências observadas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 507-523. (CD-ROM)

RESUMO
Este artigo aborda a questão das enchentes em Curitiba-PR, fazendo um estudo histórico das ocorrências, das medidas de contenção e das conseqüências observadas. Para tanto foram consultadas fontes bibliográficas, teses e dissertações envolvendo o assunto.Foi realizada consulta e registro de material cartográfico e de séries de fotos aéreas. Verificou-se que em diversos bairros da cidade a ocupação humana foi localizada em terras impróprias a edificação e usos permanentes. A expansão da cidade ocorreu nos vales e na confluência de diversos afluentes do rio Iguaçu no século XIX e no século XX. As enchentes foram agravadas pela derrubada de matas ciliares e de florestas nativas de Araucária. As obras de engenharia,construídas pelo poder público desde 1886, desconsideraram as causas reais do problema e transferiram as conseqüências para municípios situados a jusante. Há medidas estruturais previstas além de 2015. O planejamento urbano negligenciou a capacidade de suporte do meio físico e foi incapaz de disciplinar ocupações em áreas de risco. Ocorreram grandes enchentes em 1911,1932,1968,1975,1976 e 1983. As inundações de 1999 atingiram mais treze bairros de Curitiba, causaram inúmeros prejuízos e mostraram que a cidade não está preparada para enfrentar as inundações. O episódio mobilizou a população civil e Instituições para propor medidas e enfrentar as enchentes.
Palavras-chave: enchentes, obras de engenharia, planejamento urbano.

ABSTRACT
This paper approaches the floods in Curitiba-PR, making a historical analysis of the catastrophes, attempts to control the floods and consequences observed. For so much bibliographical sources, theses and dissertations were consulted. Maps and series of surveying were also observed and registrated. In spite of the natural hazards several neighborhoods of the city were located in lands near to headstreams. All of them are watersheds from the Iguaçu river. The growth of the city took place in these valleys during the XIX and XX centuries. The floods were increasingly worsened by the deforestation of Gallery forests and Araucaria Pine´s forests. The Government tried to solve the problem within engineering constructions since 1886. All of the moats, underground sewer and dams were built ignoring the real causes of the problem and were not able to solve it, which was transferred to other municipalities down the Iguaçu river. There are projects for the future beyond 2015. The urban planning neglected the physical support and its capacity, moreover was unable to discipline occupations in risky areas. Great floods occured in 1911,1932,1968,1975,1976 and 1983. In 1999 more than thirteen neighborhoods of Curitiba had been overflowed causing countless damages. This last catastrophe gathered inhabitants, organizations and other institutions in order to plan strategies to face the floods.
Key-words: flood, construction, urban planning.

1. INTRODUÇÃO

Esta investigação fez parte da pesquisa desenvolvida junto ao Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento/labFSG, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSC. A pesquisa integrou a dissertação de Mestrado:

Análise de critérios para localização de áreas verdes urbanas de Curitiba-PR. Estudo de caso: o Bosque do Papa & o Parque Barigüi.

Verificou-se que de 1886 [1] até 1970 as obras de engenharia consistiam em canais e galerias, quando começaram as construções de barragens. A implantação de grandes obras "camufladas" em parques nos talvegues tinha como objetivo conter as inundações. Entretanto, essa estratégia não solucionou o problema. Diversos bosques e parques, na verdade, são áreas residuais de obras de engenharia, sendo financiados como obras de saneamento.

Em Curitiba as inundações foram agravadas no intervalo temporal de um século causando a cada episódio prejuízos maiores. O aumento da magnitude dos fenômenos atingiu cotas topográficas cada vez mais elevadas e colocou maior extensão de terras sob risco de alagamentos. A piora do quadro atraiu o meio científico e o poder público para propor medidas mitigadoras junto a população civil e buscar soluções para enfrentar as catástrofes.

Não existem no Brasil dados completos sobre a perda econômica e de vidas em desastres, apenas de valores aplicados pós-desastre, (Brasil-MI & SEDEC,2002). No Estado do Paraná e em Curitiba não existe informação detalhada sobre enchentes, sequer registros ou mapas de vulnerabilidade e de risco. Até 1990 o Departamento Nacional de Obras e Saneamento(DNOS) era o órgão responsável pelo gerenciamento e pesquisa sobre enchentes a nível nacional. Com a sua extinção no governo Collor a informação sistematizada, registros históricos e relatórios sobre inundações desapareceu, (Klüppel,1990,Governo do Paraná & JICA,1996). Assim existe uma lacuna relativa ao problema das enchentes. Depois de 1990 a Defesa Civil (DC) passou a ser a única instituição que possui registros oficiais no Paraná. Existe alguma informação no acervo do Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica(DNAEE), Superintendência do Controle de Erosão e Saneamento Ambiental(SUCEAM), Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba(COMEC) e Instituto de Pesquisa e Planejamento de Curitiba(IPPUC).Os danos prováveis das enchentes de 1993 em Curitiba estão na ordem de 20 milhões de dólares, para a de 1995 e de 1983 cerca de 44 milhões de dólares para cada episódio. Em 1993 foram gastos 4 milhões de dólares somente com atendimento emergencial. Os prejuízos da inundação de 1983, que deixou 200.000 pessoas

[1] A inauguração do Passeio Público ocorreu em 1886. Essa foi a primeira obra na cidade de Curitiba que usou canais, lago e comportas para formar uma bacia de acumulação represando as águas do rio Belém, para controlar enchentes. De fato, a criação do Parque, a desapropriação da chácara da Glória e Bittencourt e as obras de engenharia tiveram respaldo de determinação legal datada de 1857, (Lacerda, 2001).

desabrigadas em Curitiba, ou a de 1999, que atingiu mais de 13 bairros da cidade, não foram totalmente quantificados e contabilizados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Inundação constitui a situação em que o fluxo de um rio ultrapassa o seu leito normal para limites acima das margens. Pode ocorrer enchente e não existir alagamento,(Lima,2000).

Entre os autores que conceituam inundação Keller (1996), Murck et al. (1996) e Montgomery (1997) são os mais reconhecidos. A enchente caracteriza a situação em que a vazão do rio ultrapassa a vazão média. Alagamento ocorre a quando a água de prescipitação se acumula e forma um corpo d´água em região seca sem haver extravasamento de rio. Planície de inundação denomina a região plana periodicamente coberta pelas águas de um rio. Nela o solo é formado por depósitos sedimentares acumulados. Os episódios pluviais intensos são a principal causa das inundações. No entanto, elas podem ser aumentadas por outros fatores como o excesso de impermeabilização e de urbanização em áreas de risco. Diversos estudos comprovam o aumento no volume das enchentes nesses locais.

A eliminação de meandros dos rios pela retificação, condução em canais e galerias de concreto, aumenta a velocidade da água. Para Klüppel (1990) a enchente dos rios é um fato normal. As grandes cheias não são uma constante podendo ocorrer em intervalos a cada dez anos ou mais. No entanto, podem causar danos a população que inadvertidamente ocupar essas áreas. A presença de vegetação facilita de 60 a 70% a infiltração direta da água no solo, restando 30 a 40% que escoa para os rios. Quando o solo é impermeabilizado a taxa de infiltração cai para 20% e o escoamento superficial se eleva para 80%. O desmatamento constitui um agravante por causar assoreamento e obstrução dos rios que extravasam com facilidade. O solo nu quando molhado se transforma em barro que também é pouco permeável.

3. METODOLOGIA

Foi realizada pesquisa bibliográfica, de teses e dissertações junto a bibliotecas da UFSC e UFPR, Instituto Histórico e Geográfico e Etnográfico do Paraná, Casa da Memória, imprensa local e Internet. Em uma segunda etapa foi selecionada a série de mapas históricos de relevância cartográfica do acervo do Arquivo Público do Paraná, Casa da Memória e Biblioteca Pública do Paraná. Foram analisados mapas em escalas variadas

de 1905, 1915, 1935, 1955, série de fotos aéreas em escalas variadas de 1952, 1972, 1980, 1990, 2002, Cartas Cadastrais de 1972 complementadas em 1990 e figuras temáticas do IAP/SEMA-PR e IPPUC. Foram observadas as transformações no vale do rio Belém e Barigüi apoiada por conhecimento prévio *in loco*, fotografias antigas, atuais e fotografias aéreas oblíquas das áreas.

4. DISCUSSÃO

Conforme Agache (1943), Klüppel (1990) e Trindade (1997) desde o século XIX foram empreendidas tentativas para solucionar as enchentes e as epidemias hidroveiculadas de cólera, tifo, para-tifo, hepatite, leptospirose, dengue, febre amarela e outras em Curitiba.

O município de Curitiba pode ser dividido em dois compartimentos geológicos homogêneos; Compartimento Norte ou Guabirotuba e Sul ou Tingüis. No primeiro ocorrem rochas metamórficas pré-cambrianas, relevo acidentado e poucas planícies de inundação. Ao Norte acontecem inundações de montante, escorregamentos e afundamentos. No segundo compartimento formado por rochas e sedimentos recentes há extensas planícies e várzeas do rio Iguaçu, ocorrendo inundação de jusante,(Lima,2000,Maack,2002,Salamuni,2000).

Segundo Agache(1943),Lima(2000), Mazza(1990) e Fendrich(2000) as chuvas de maior interesse são as torrenciais do tipo convectivas, cuja duração não ultrapassa 40 minutos. Essas chuvas ocorrem em Curitiba entre novembro a março, às vezes acompanhadas por granizo. Curitiba é uma cidade privilegiada no Brasil, pois as observações pluviométricas são registradas em mm desde 1889. Existe informação há 115 anos, (Fendrich,2000).

Elaborou-se um quadro das inundações mais graves que atingiram Curitiba no período temporal de um século utilizando informações de Agache(1943), Braga(1990), Destefani(1999), relatório eng Dacheux Pereira/DNOS apud Mazza (1990), Fendrich(2000), Fenianos(1996), IPPUC(1985), Lacerda(2001), Lima(2000) e Cartas Cadastrais-restituição aerofotogramétrica em escala 1:2 000 do vôo IPPUC/SANEPAR de 1972 executado por Geofoto S.A. Foram selecionados os episódios relevantes que causaram muitos transtornos mencionados pela imprensa local e sintetizados no quadro 1.

QUADRO 1- PIORES ENCHENTES OCORRIDAS NO SÉCULO XX EM CURITIBA

Mês/ano	t (min ou horas)	Tr (anos)	I (mm/ h)	Vazão águas rio Q(m3/s)	População (mil habitantes)
1911	desconhecido		desconhecida	desconhecida	54 a 60
1932 dez.	60 min	100	52	312,62	120
1968 jan.	3 horas	10	52,1	170,19	400
1995	30 min	10	40,5	132,3	
1999 fev.	1 hora e 30 min média de 30min	35,54 18	máxima 112,8 média 90mm/h	Máxima de 315,84 média de 135,0	(660 mil hab. bacia rio Belém) população total-1.586.848hab

Onde t é tempo de duração da chuva, Tr é o tempo estimada de recorrência e Q é a vazão estimada da água no rio.

Constatou-se através da análise de dados hidrométricos no período de 1921 a 1939 *in* Agache (1943), que ocorreram em Curitiba chuvas excepcionais de intensidade de 135mm/h em 1929, 165, 150 e 175 mm/h em 1936. Não foram encontrados dados detalhados dessas inundações, tampouco das que ocorreram em 1975,1976, 1983 e 1993.

Discordamos de Agache (1943), que considerou que as áreas de risco em Curitiba se situam na cota topográfica 886m e de Fendrich(2000), que considerou críticas as cotas topográficas situadas entre 882-889m. A retrospectiva histórica dos episódios pluviais intensos permitiu identificar que no século XIX e início do século XX ocorriam inundações freqüentes em cotas topográficas maiores que 896m. A inundação oscilava em níveis próximos de 0,50m, apesar de haver vastas florestas, campos, pouca impermeabilização e edificações esparsas.

As fotos das inundações do rio Belém em 1911 provam essa constatação. A figura 1 e 2 dessa época ilustram os episódios nas proximidades do Passeio Público e imediações da antiga Fundição Mueller & Irmãos; atual Shopping Center Mueller. Esses estão situados em cotas topográficas maiores que 896 m.A inundação atingiu profundidade de mais de 0,5m nesses locais. Atualmente as áreas integram o Centro e o Centro Cívico, respectivamente. O ano de 1911 foi especialmente crítico ocorrendo várias inundações causadas pelo rio Belém.

Figura 1 – arredores do Passeio Público em 1911. fonte: foto do acervo de DPHAC *in* Lacerda (2001) e Figura 2 – inundação de outubro de 1911 no *Boulevard* da Graciosa, atual Av. Cândido de Abreu, em frente a Fundição Müeller & Irmãos, atual Shopping Center Mueller. fonte: foto de acervo não divulgado *in* Destefani (2003)

O cruzamento dos dados de Agache(1943), Destefani(1999) e Cartas Cadastrais em escala 1: 2 000 informou que em dezembro de 1932 o rio Ivo inundou o Centro em profundidade de 1,80 m próximo a rua João Negrão situada na cota topográfica 896,5 m.

Na Praça Zacarias (894,0 m) a profundidade atingiu 1,20 m. Na rua XV de Novembro/Boca Maldita situada na cota topográfica 896,0 m a profundidade do alagamento foi de 0,50m.

O verão de 1968 foi outro ano de inundações graves. No dia 22 janeiro houve inundação do Centro devido a prescipitação intensa. O leito estreito e raso do rio Ivo entulhado por detritos extravasou e inundou cerca de trinta e cinco hectares. No dia 30 de janeiro outra chuva intensa ocorreu inundando a mesma área. O rio Barigüi causou inundação que atingiu área de mil hectares. O rio invadiu poços e fossas obrigando a vacinação imediata dos habitantes do bairro Santa Quitéria por risco de epidemia, (Eng Dacheux Pereira/DNOS apud Mazza,1990).

Na década de 70 o nível da enchente havia se elevado em mais de 4m com relação aos níveis do início do século atingindo o bairro São Lourenço:"*...Curitiba era uma tragédia: chovia, inundava desde o Palácio Iguaçu, todo o primeiro andar do Palácio ...e ia até o aeroporto. Então, era impossível viver numa cidade dessas. Novamente ajudado pelo Geisel, consegui fazer todo aquele melhoramento na região da Água Verde e fizemos a grande mudança na Mariano Torres..."* (Raiz,1990:62). Mesmo após as obras de engenharia de 1972 ocorreram grandes inundações em 1975 e 1976 vide figura 3 e 4.As inundações atingiram cotas topográficas entre 896-910m.

Figura 3- inundação do rio Belém nas imediações do Passeio Público em 1975, atingindo a profundidade de 1m e Figura 4– inundação do rio Belém em 1976 a jusante, canal Rua Mariano Torres. fonte: fotos in (IPPUC,1990)

Conforme Lima(2000) os episódios mais catastróficos recentemente observados foram as inundações de 1983. Essas catástrofes assolaram o Sul do Brasil e em Curitiba deixaram duzentos mil desabrigados em diversos bairros. Para o IPPUC(1985) em 1983 a inundação do rio Belém atingiu cento e trinta e dois Hectares de Curitiba. O rio Belém é um dos principais rios que inundam periodicamente a cidade. A área dessa bacia é de dez mil hectares. Entre abril de 1981 a novembro de 1999 ocorreram quatorze episódios pluviais intensos causando dezoito extravasões no rio Belém, (Fendrich,2000).

Em 1999 ocorreu uma hora e meia de chuva ininterrupta, sendo que a maior parte da

água escoou pela superfície. Essa inundação do rio Belém atingiu bairros densamente povoados. O cruzamento das informações de Lima (2000), Fendrich(2000) e figuras temáticas do IPPUC (2004); Modelo Digital de Terreno (MDT),hipsometria, áreas inundáveis e bairros mostra que houve inundação em cotas topográficas situadas a 910-935 m de altitude.

Discordamos de IPPUC & PMC(1992) de que Curitiba conviveu, durante três séculos e meio, sem problemas com os rios e que a ocupação urbana ocorreu acima do leito maior, acima da linha de enchente. As inundações não "acabaram" na década de 70.

Agache(1943) havia alertado em 1940 quanto à ocupação nociva de leitos temporários de rios nos vales, de terras baixas de pouca declividade sujeitas a inundações e sobre os riscos do adensamento urbano nesses locais. Para mitigar os alagamentos e epidemias decorrentes foi proposta a fixação de cotas topográficas maiores para áreas *non-aedificandi* e obras nos locais críticos. O Poder Público menosprezou os diagnósticos da equipe francesa. Após o intervalo de 33 anos o problema voltou com as grandes inundações de 1975. Isso influenciou na criação do decreto-Lei 400/1976 de Faixas de Preservação de Fundos de Vale. Entretanto essa lei assim como as leis municipais 527/1919, 699/1953 e leis federais; Codigo de Águas-24643/1934 e Código Florestal Federal Brasileiro-4771/1965 e outras, foram transgredidas na época de maior crescimento da cidade. O IPPUC(1985) indicou que devido a falta de conhecimento do suporte natural do território a administração pública foi omissa nas áreas impróprias à urbanização. Para a instituição e Pilotto(2003) a ocupação se antecipou ao planejamento então puderam apenas ser empreendidas medidas mitigadoras. IPPUC & PMC (1992) reconheceram a tendência das enchentes serem maiores com o passar do tempo em áreas de risco.

Segundo informações de Lima(2000) entre 1976 e 1999 ocorreram mais de setenta e duas inundações perigosas na região de Curitiba. A "inundação relâmpago" de 1999 atingiu milhares de pessoas, de baixa e de alta rendas, causando inúmeros prejuízos. Houve transbordamento após poucos minutos nas cabeceiras de rios e nos canais. A evolução do episódio de fevereiro de 1999 atingiu cotas mais elevadas que nos episódios anteriores. Após poucas horas os rios voltaram ao canal normal. Água Verde, Ahú, Alto da XV, Batel, Bom Retiro, Cascatinha, Seminário, Hugo Langue, Jardim Social, Prado Velho, Santa Felicidade, Boqueirão, Sítio Cercado e outros bairros foram inundados,(Stica,2000).

A percepção do último episódio engajou a população, a comunidade científica, Ministério Público do Paraná e demais órgãos públicos em eventos na busca por

alternativas de ação para enfrentamento do problema. Alguns dos resultados dessas reuniões foram a criação da Comissão de Enchentes na Câmara Municipal de Curitiba e da Lei 10785/2003 para o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações –PURAE".

Agache (1943) considerou em 1940 que inundações causadas por chuvas excepcionais não poderiam ser controladas, porque medidas de contenção deste tipo de enchente eram inviáveis economicamente. Isso é fato, pois não há como prevenir a população de enchentes causadas por chuvas excepcionais da magnitude de 1999, que não podem ser previstas. Países do I Mundo, EUA, Alemanha, Japão e França, não conseguem evitar catástrofes produzidas por essas chuvas,(Fendrich,2000). No quadro 2 observam-se algumas das medidas adotadas.

QUADRO 2- COMPARAÇÃO DE MEDIDAS ADOTADAS NO EXTERIOR

país	Medidas Estruturais & Avaliação	Medidas Não-estruturais & Avaliação
Áustria	Prioridade na melhoria de rios que sofreram grandes danos de enchentes Plano de controle de enchentes ajustado segundo a necessidade da população humana	Sem permissão de desenvolvimento em áreas sujeitas a enchentes Fundo de calamidade Medidores automáticos do nível da água nos maiores setores
Rússia	Reservatórios multipropósito, diques Plano Federal-uso da água e controle de enchentes	Identificação de áreas perigosas de inundação Seguro nacional
França	Melhoria de tecnologias tradicionais e modernas Represa de multipropósito	Otimização do sistema de alerta de enchentes Radar de precipitação
Grécia	Dique, represa, reservatório, drenagem	Sem informação
EUA	Investimento contínuo desde 1936	Mapa da área de inundação, Previsão de enchente , Sist de alerta
Romênia	Dique, represa multipropósito, reflorestamento e gerenciamento	Identificação da área de inundação por lei especial. A previsão de enchentes e sistema de alerta é efetivo para rios muito grandes
Japão	Plano de controle de enchentes (dique, represa multipropósito, bacia de retenção e cursos)	Plano de controle de enchentes com medidas estruturais

Fonte: Nações Unidas, Método Racional do Planejamento de Controle de Enchentes no Desenvolvimento da Bacia Hidrográfica apud (Governo do Paraná & JICA,1996)

3. MEDIDAS "CONTRA" ENCHENTES ADOTADAS EM CURITIBA

No século XIX foi proposta a recuperação de áreas "insalubres" de Curitiba. O Passeio Público foi a primeira medida estrutural adotada. Foi construído em área pantanosa do rio Belém utilizando canais e vegetação, (Pereira & Santos,1993, Pereira,1996, Lacerda,2001).

Os canais, galerias, barragens e diques são sistematicamente construídos nos rios de Curitiba desde 1888. São efetuadas, também, dragagens periódicas para remover o assoreamento. A Prefeitura Municipal de Curitiba continuou as medidas estruturais em 1935, 1940-42 e 1943. Na década de 50 começaram as obras do DNOS para controlar as enchentes mais graves e a erosão. Na década de 50, 60 e 70 foram realizadas retificações no rio Belém, rio Iguaçu e rio Ivo,(Mazza,1990).As dragagens efetuadas desde 1955 não foram eficazes, pois conseguiram aumentar a profundidade dos rios em quarenta

centímetros,(IPPUC,1992). Segundo Klüppel(1990) os lagos represadores representaram uma economia substancial comparado aos canais e galerias. Esse estudo relativo ao parque São Lourenço e Barigüi foi realizado pela Serete Engenharia, (Serete,1972). O custo do quilômetro de canais de concreto varia entre hum milhão e setecentos mil a cinco milhões de reais, enquanto os lagos represadores custam cerca de quatro milhões de reais,(Matiello,2001).

As grandes obras de engenharia começaram a ser construídas em 1970. O projeto "contra" as cheias considerou barragens nos principais rios de Curitiba; Atuba, Bacacheri, Belém, Ivo e Barigüi com nascentes ao Norte da cidade e afluentes do rio Iguaçu. Eram previstos quatro lagos reguladores da vazão. O projeto previa aumentar a capacidade dos tanques[2] existentes. Alguns projetos foram abandonados por problemas de desapropriação, (Klüppel,1990). Para Fendrich (2000) subestimar a impermeabilização do solo das bacias de drenagem contribuintes foi um erro cometido no dimensionamento dos canais. Conforme Stica(2000) a Secretaria Municipal de Obras Públicas de Curitiba admitiu que diversos rios que cruzam a cidade não comportam a vazão, a exemplo do rio Água Verde, rio Ivo e rio Juvevê. As obras nesses rios ocorreram há mais de 30 anos quando havia metade da população de hoje. As obras de canais a céu aberto e galerias subterrâneas consumiram milhões de dólares e não foram eficientes na solução do problema das inundações. (IPPUC & PMC,1992)

Além disso, desde 1970 existe alto grau de poluição nas águas dos rios curitibanos. Os parâmetros bacteriológicos, físico-químicos e de toxidade nos rios de Curitiba indicam a gravidade da situação. Os mananciais de abastecimento de água também estão afetados, (Toniollo et al.2004, Nieglowski et al.2004). A qualidade da água piorou após 1950 em função da concretagem de leitos e eliminação de meandros de rios o que destruiu a capacidade de biodeterioração. A gravidade da situação de contaminação hídrica é comprovada pelo Índice de Qualidade da Água fornecido pelas estações telemétricas da SUDERHSA (2004) e por não serem encontrados peixes no rio Iguaçu a até 150Km de distância de Curitiba, Klüppel (1990).

[2] Segundo Mazza (1990) Tanque caracterizava uma pequena bacia cuja área era suficiente para vários banhistas. Até a década de 70 havia em Curitiba uma série de tanques para o controle de enchentes, pescaria e natação. Embora não houvesse um plano diretor os tanques funcionavam como pontos de contenção e regulação de vazão nos rios. As águas dos rios nessa época eram límpidas e cristalinas. Havia grande quantidade e variedade de peixes; lambaris, acarás, traíras, jundiás, roça-caminho, saicanga e carpas. O tanque do Pompeu se localizava na margem esquerda do Rio Belém onde está o atual Fórum do Centro Cívico. Essa foi uma das áreas inundadas em 1999. A barragem do São Lourenço foi localizada no mesmo local ocupado pelo tanque homônimo. Esse estava situado a montante no rio Belém. No rompimento do tanque devido a uma enchente por volta de 1970 puderam ser capturadas grandes quantidades de peixes além do Passeio Público. Existiam outros tanques como o do Grega no rio Juvevê na propriedade dos Iwersen, no rio Água Verde, no rio Bacacheri e no rio Atuba.

O Monitoramento da Qualidade da água, Sistema de Previsão de Cheias e Enchentes e de Monitoramento e Alerta para a Bacia do Alto Iguaçu foi implantado mais recentemente. A experiência piloto ocorreu no trecho das cabeceiras situado próximo a Região Metropolitana de Curitiba e gerou um Sistema de Informações Geográficas (SIG) elaborado pela Superintendência de Recursos Hídricos e Saneamento/SUDERHSA, e empresa Montgomery (Governo do Paraná,2004,Manasses,2000, SUDERHSA, 2004). Elaborou-se o quadro 3 sintetizando informações de Agache(1943), Fendrich(2000), Lacerda(2001), Lima(2000), Oliveira apud Matiello(2001), Klüppel(1990), Serete(1972) a Trindade(1997).

QUADRO 3-OBRAS DE ENGENHARIA PARA CONTER ENCHENTES EM CURITIBA

	rio	obra	Área	Vazão-Q	população
1886	Belém	Canais e Lago	Antigo tanque[2] do Bittencourt, cerca de 10.000m2 escavado e triplicada a área para formar o lago do Passeio Público com mais de 30.000 m2		15 mil
1943	Água Verde	Galerias	4,74 km2 ra rua 5 de maio até o rio Belém + 38,79 km2 para jusante	28,5 m3/s	143 mil
	Belém	Canais	17,70 km2, lago do Passeio Público + 24,54 km2 Av Getúlio Vargas até o rio Juvevê + 32,58 km2 foz do rio Juvevê até rio Água Verde = 74,82 km2	61,0 +24,54 +126,0 =170 m3/s	
	Ivo		6,73 km2 rua Voluntários da Pátria até o rio Belém	49,7 m3/s	
	Juvevê		6,20 km2 confluência rio Cajuru até o rio Belém	39,0 m3/s	
1959-72	Belém	Barragem	lago da Barreirinha		
1970-72	Ivo	Canal parabólico foz rio Belém	6,73 km2	79,0 m3/s	420 mil
	Belém	Galeria celular	mais 21,12 km2, 2(5,00x4,60m) Av Afonso Camargo próxima atual Terminal Rodoferroviário	130,0 m3/s	
1972	Belém	Barragem	50.000 m2, lago do São Lourenço-antigo tanque[2]	470milhões l	
	Barigüi	Barragem	400.000 m2, lago Barigüi. Localizado na antiga pontas de banhos & pesca [3] Carniça	470milhões l	
1978/82	Iguaçu	Unificação cavas	2.741.578 m2	470milhões l	
1988	Bacacheri	Barragem	22.000 m2	470milhões l	
1991	Passaúna	Barragem	3.500.000 m2	470milhões l	
	Tingüi	Barragem	380.000 m2	470milhões l	
1994-95	Ivo	Galeria Celular	2,4 km2 (4,0x3,0m) r. Vicente Machado esquina com r.Visconde de Nacar (galeria rio Bigorrilho) extensão do canal executado pelo DNOS 1970-72 Este trecho extravasou 5 vezes de 1995-1999	31,6 m3/s	660 mil bacia rio Belém, total 1. 586. 848

De acordo com Santos (2000) considerando os impactos gerados pelo conjunto de obras no município de Curitiba o presidente do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA) enviou o ofício n.° 622/99 para confirmar a imprescindibilidade de EIA/RIMA para as obras no rio Bacacheri devendo atender a Constituição Federal, Código Florestal 4771/1965 e resolução do CONAMA 01/1986. Observamos infrações ao CFB em Curitiba pelo desmatamento em áreas de preservação

[3] Pontas de Banho & Pesca eram locais muito utilizados pela população até fins de 1940 e início de 1950. Havia no rio Barigüi os pontos Carniça e Princesinha. O local denominado Carniça é ocupado atualmente pelo Parque Barigüi. Nas proximidades havia a ponta da Princesinha. A Panela era o local mais procurado, onde desaguava um braço do rio Uvu que forma a represa Cascatinha um pouco acima. A direita havia a ponta do Toco. A Volta Funda se localizava logo depois da barragem que acionava o moinho Weigert. A Panela e a Volta funda eram os pontos de maior profundidade, (Mazza,1990). Até 1970 era possível nadar nos rios, nos olhos d´água e usar água de poços na porção Norte de Curitiba. Havia grande quantidade de peixes, sapos, pequenos mamíferos e aves nas florestas próximas, (Fenianos,1995).

permanente; matas ciliares e de Araucária (*Araucaria angustifolia*) apoiado por série de mapas e fotos aéreas. Assim como aquele autor e Stica(2000) consideramos que os municípios não podem instituir leis que se oponham ou menos rígidas que as leis federais. Durante um período o Centro de Curitiba não sofreu mais inundações, entretanto, a falta de planejamento integrado das obras de engenharia pelo poder público resultou na distribuição aleatória de canalizações. Tal fato ocasionou o caos. As inundações foram transferidas para outros municípios a jusante do rio Iguaçu com menor densidade demográfica, (Bernal,1990, Mazza,1990).

3.1 Programas para enchentes e saneamento

Conforme a PMC (1996) em 1993 foi criada a Secretaria Municipal do Saneamento da Prefeitura Municipal de Curitiba. Essa trabalha em conjunto com outras secretarias para fornecer melhores condições de saúde pública. As medidas consistem em: **Curitiba Sempre Viva** -o maior programa de saneamento já desenvolvido na cidade. Orçado em cinqüenta e quatro milhões e quinhentos mil dólares, 53% do total pagos pelo Município e o restante financiado pelo Banco Mundial, BIRD e Caixa Econômica Federal. As obras compreendem pontes, canalização de rios, taludes, arborização, parques lineares, ciclovias, ampliação dos programas de educação ambiental e outros. **Sistema Curitiba** -o programa de coleta e tratamento de esgotos de baixo custo propõe reduzir as altas taxas de mortalidade infantil e acabar com as valetas a céu aberto aumentando a população atendida por rede de esgoto de 42% para 80%. **Recuperação e Canalização de Rios** – integra projetos de saneamento básico de Curitiba a programas estaduais dotados de recursos do PROSAM. A proposta inclui tentativa de recomposição da qualidade da água dos rios e do ambiente ciliar, mas foram construídas outras galerias e mais vinte quilômetros de canais no rio Belém para evitar enchentes. **Plano Emergencial de Combate a Enchentes** - Redragagem de 12 km do rio Iguaçu em doze pontos diferentes para aumentar a vazão desse rio. **Plano de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas** - objetiva gerenciar os rios e córregos que passam por Curitiba, cadastrando-os, estudando as suas características para traçar mecanismos de despoluição e recuperação.
No Plano Diretor para Utilização de Recursos Hídricos do Estado do Paraná foram previstas medidas de escala metropolitana para atenuar as enchentes em Curitiba e a jusante pelo PROSAM. Identificou-se que o rio Iguaçu causa as inundações mais graves no Estado do Paraná e em alguns municípios do Estado de Santa Catarina. O Programa de

Saneamento Ambiental (PROSAM) consiste em um plano elaborado pelo Poder Público, diversas Instituições e Organizações em cooperação com a Agência de Cooperação Internacional do Japão(JICA) para gerenciamento hídrico, monitoramento da qualidade da água e controle de enchentes. O controle de enchentes inclui etapas de obras de engenharia para 1996-2005, 2006-2015 e 2015 em diante. Algumas delas são a escavação de canal paralelo de 15 Km no rio Iguaçu, Represa do Irai, de Piraquara II, Pequeno e Alto Miringuava.

3.2 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

As medidas naturais e mistas são mais adequadas do ponto de vista ecológico devido a: suportarem a demanda a médio e longo prazos, serem economicamente viáveis e sustentáveis em ecossistemas urbanos. Algumas dessas medidas são apresentados no quadro 4 a seguir.

QUADRO 4- MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS PROPOSTAS PARA CURITIBA

Grupo Uso & Ocupação	Grupo Ação Social
Preservação e Desocupação das áreas inundáveis	Informação intensiva do risco, resultando na desvalorização das áreas de maior susceptibilidade
Manutenção das defesas naturais (Pântanos) Redução da vulnerabilidade, construção sobre pilotis Utilização econômica da coleta de águas pluviais	Responsabilização de particulares e/ou do governo por atos indevidos que afetem a segurança da população (ex.: obras não autorizadas ou indevidamente autorizadas).
Legislativas: Compensação integral do bloqueio a infiltração (impacto ambiental tolerável)	Defesa civil preparada e envolvendo a comunidade Educação Ambiental

Fonte: Lima(2000)

Segundo o Governo do Paraná & JICA(1996) os prejuízos causados por enchentes na região do Alto Iguaçu, em Curitiba e Região Metropolitana, são considerados segundo o grau gravidade em nível 4 e 5. Foram previstas diretrizes para controlar as enchentes no período de 1996 a 2015 e deste ano em diante. Foi prevista a melhoria do método existente e emprego de novos métodos para: zoneamento, reassentamento e Regra de Operação de reservatórios existentes, previsão e alerta(FFWS), evacuação e atividades de resgate, gerenciamento e implementação no controle das enchentes. Os custos da I etapa do PROSAM foram calculados em duzentos e trinta e três milhões de dólares, sendo 52% financiados pelo Banco Mundial. A continuação do PROSAM totaliza cerca de trinta e quatro milhões e trezentos mil dólares. O Programa prevê a restauração da paisagem, implantação de parques, relocação de 1400 casas localizadas em áreas de risco, desapropriação de 7.000 assentamentos e direitos adquiridos ao longo de rios e áreas sensíveis.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em Curitiba a abordagem da problemática de enchentes ocorreu através de medidas estruturais, ignorando as causas reais do problema, processos subjacentes e gerando impactos ambientais negativos de curto, médio e longo prazos. Além disso foram aumentados os riscos de inundações a jusante no rio Iguaçu. As obras de engenharia seguem intervindo de forma agressiva sobre o sítio devido a deficiências no planejamento urbano e de mecanismos eficazes para inibir a ocupação humana em áreas críticas. Foi constatado que o desequilíbrio hídrico em Curitiba está associado a derrubada das florestas nativas e expansão da cidade. Este fato demonstra que o planejamento não contempla o critério capacidade de suporte do meio físico. A ocupação de áreas vulneráveis continua ocorrendo. Este fato constitui a causa direta e na conseqüência, porque é quem sofre com o problema. Através dessa constatação compreende-se a realidade de que 80% das doenças registradas na cidade são hidroveiculadas. Os microorganismos patogênicos permanecem durante vários dias *in vivo* nas áreas alagadas. Em várias ocasiões houve vacinação em massa devido a epidemias provocadas por inundações de rios. A análise histórica mostrou que ao longo do século XIX e XX foram aprovados loteamentos, em muitos casos ilegais, em locais críticos e em faixas de domínio de rios. Houve locais em que o próprio poder público infringiu leis federais empreendendo obras de engenharia e edificios governamentais. Na década de 80 foram "regularizadas" áreas que eram antigos meandros e várzeas de rios, sendo ilegalmente titulados como imóveis privados.

A análise realizada permite concluir que Curitiba, apesar de vender uma imagem de cidade "Ecológica e Social", não convive em harmonia com o meio natural. A cidade convive com enchentes históricas, que causam inundações de pequena, média e grande escalas, frente as quais não está preparada para enfrentar. Observou-se *in loco* que enchentes causadas por chuvas de fraca intensidade causam grandes prejuízos na cidade. Apesar dos inúmeros programas implantados permanece a interrogação: Como preparar a cidade ainda em expansão para enchentes causadas por chuvas intensas e inundações recorrentes em 50 ou 100 anos?

Apesar da "solução" aparente fornecida pelas obras de engenharia para a conter enchentes as inundações continuam ocorrendo em Curitiba. Um agravante a considerar é a previsão de população de 11 milhões no Novo Plano Diretor em tramitação na Câmara de Vereadores. Deve-se rever essa nova perspectiva populacional. É indispensável observar os desastres históricos e o aumento da magnitude dos episódios em Curitiba durante o século XX, como subsídio a localização de ocupação humana viável no presente e no futuro.

São urgentes pesquisas, mapeamento de áreas de risco e de vulnerabilidade em Curitiba, pois a base de dados cartográficos do IPPUC desconsidera as áreas historicamente críticas. Conservar áreas vulneráveis livres de edificação ainda é a maneira mais eficaz de evitar danos provocados por enchentes. Essa iniciativa conjugada a preservação de leitos de rio, restauração florestal com espécies nativas, conservação de matas ciliares poderá contribuir com a saúde pública, habitação social e sustentabilidade da cidade. O programa Corredores Ecológicos, Matas Ciliares e Anel Sanitário Ambiental visam melhorar o equilíbrio hídrico e qualidade da água nas diversas bacias hidrográficas, evitando secas, enchentes e perda de solos. Esses projetos representam um mudança positiva no enfrentamento das enchentes e potencializam uma forma viável de solução a médio e longo prazos do problema.

5 AGRADECIMENTOS

A UFSC, ao PPGEC, ao CNPq pela bolsa de estudos concedida, a prof. Dra Ruth E. N. Loch pela orientação, aos professores do PPGEC/ECV e ao labFSG. Ao Arquivo Público do Paraná, Biblioteca Pública do Paraná, Casa da Memória, COMEC, Intututo Histórico, Geográfico e Etnográfico do Paraná, SEMA-PR ,IPPUC, Secretaria Municipal do Meio Ambiente/SMMA, SUDERHSA e bibliotecas da UFPR.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGACHE, A. Plano de Urbanização de Curitiba. *In:* **Boletim PMC**. Curitiba. 1943. n.12. nov & dez. 106p.

BERNAL, A. W. (Arquiteto, foi Supervisor de Planejamento, de Informações e Diretor do Depto de Parques e Praças da PMC) Entrevista concedida 1990. *In*: IPPUC. **Memória da Curitiba Urbana**. 1990.dez. v.3

BRAGA, N. A. B. (Militar, Foi Prefeito de Curitiba, Governador, Deputado, Senador do Paraná Ministro da Agricultura e Presidente da Itaipu Binacional) Entrevista concedida em 1990. *In*: IPPUC. **Memória da Curitiba Urbana**. Curitiba, v.5

BRASIL & SEDEC. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL(MI)e SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL. **Conferência geral sobre desastres** : para prefeitos, dirigentes de instituições púbicas e privadas e líderes comunitários. Brasília. MI, 2002. 21p Disponível em <www.defesacivil.gov.br/download/conferencia_geral_sobre_desastres.pdf> acesso em mai.2004

DESTEFANI, Cid. Nostalgia. *In:* **GAZETA DO POVO**. Curitiba. 1999. 26 de set.

DESTEFANI, Cid. Nostalgia. *In:* **GAZETA DO POVO**. Curitiba. 2003. 10 de ago.

FENDRICH, Ro. Histórico de acidentes hidrológicos em Curitiba. Bacia Hidrográfica do rio Belém. *In:* LIMA, R. E. **Uso dos solos e dos rios**: Conceitos e aplicações para a região de Curitiba. Curitiba,UFPR –NIMAD. 2000. 194p.

FENIANOS, E. E.; SADE, S. **Centro. Aqui nasceu Kúr'ýt'ýba**. Curitiba :Univercidade,1996. 100p.

Fundação o Boticário de Proteção à Natureza. **Condomínio da Biodiversidade. Uma proposta de conservação da natureza para a região Metropolitana de Curitiba**. IAP. 2002 .19p. Disponível em <www.condominiobiodiversidade.org.br/informativo/ Biodiversidade.pdf> acesso fev. 2004

GOVERNO DO PARANÁ & JICA-Agência de Cooperação Internacional do Japão. **Plano Diretor para Utilização de Recursos Hídricos do Estado do Paraná**. Relatório principal. Curitiba. 1996. *In:* <www.hidricos.mg.gov.br/ufparana/volume_h/indice.htm> acessado em fev. 2004

GOVERNO DO PARANÁ & JICA -Agência de Cooperação Internacional do Japão. **Plano Diretor para Utilização de Recursos Hídricos do Estado do Paraná**. Relatório setorial. Curitiba. 1996. *In:* <www.hidricos.mg.gov.br/relprin/indice.htm> acessado em fev. 2004

GOVERNO DO PARANÁ. SEMA, SEAB, SEPL. Secretaria do meio ambiente e recursos hídricos. secretaria da agricultura e abastecimento. Secretaria de planejamento. **Programa mata ciliar :** versão executiva. Curitiba. 2003. 41p. nov. Disponível em <www.pr.gov.br/sema/matasciliares/matasciliares.pdf> acesso em fev. 2004

GOVERNO DO PARANÁ.SUDERHSA . **Superintendência de recursos hídricos e saneamento Relatório Final**. Disponível em <www.pr.gov.br/meioambiente/suderhsa/ pdf/rel_final_sig.pdf> acesso em 2004

IPPUC. **Memória da Curitiba urbana**. Curitiba, mai.1990. v.3

_____. **Memória da Curitiba urbana**. Curitiba, dez.1990. v.5

_____. **Análise, Diagnóstico e Diretrizes do Plano Municipal de Desenvolvimento Urbano (PMDU)**. Instrumentos de planejamento de 1983 a 1987. Curitiba. 1985. 167 p. v.1

_____. **Coletânea de mapas temáticos**. <www.ippuc.org.br/informando/index_ mapastematicos.htm> acesso 2003

IPPUC & PMC. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba e Prefeitura Municipal de Curitiba. **Curitiba** : a revolução ecológica. Curitiba. Lagarto editores. 1992.

KELLER, E A . **Environmental geology**. New Jersey. Prentice Hall. 1996

KLÜPPEL, N. (Engenheiro Civil, Coordenou a Primeira Restituição Aerofotogramétrica de Curitiba em 1972 que fundamentou os projetos de drenagem para prevenção de enchentes. Foi Assessor Técnico nas gestões Saul Raiz e Jaime Lerner, consultor da

COMEC e de projetos de preservação ambiental da PMC) Entrevista concedida em maio de 1990. *In*: IPPUC. **Memória da Curitiba Urbana**. Curitiba, v.3

LACERDA, C. L. **Passeio Público. Primeiro Parque Público de Curitiba. Do projeto de criação até a segunda gestão Cássio Taniguchi**. Curitiba: Fundação Cultural de Curitiba, v. 28, n.126, ago.2001. 240 p.

LIMA. R. E. Inundações. Aspectos conceituais, conseqüências e alternativas de enfrentamento. *In:* LIMA, R. E. **Uso dos solos e dos rios**: Conceitos e aplicações para a região de Curitiba. Curitiba, UFPR –NIMAD. 2000. 194p.il.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba. UFPR. 2002 440p.

MANASSÉS, E. J. Sistema de monitoramento e alerta do alto Iguaçu. *In:* LIMA, R. E. **Uso dos solos e dos rios**. Conceitos e aplicações para a região de Curitiba. Curitiba, UFPR. 2000. 194p.il.

MATIELLO, A. M. **A sustentabilidade no planejamento e gestão de parques urbanos em Curitiba – PR** : uma questão paradigmática ? Dissertação de Mestrado. Sociologia política. Florianópolis, UFSC, 2001.

MAZZA, L. G. Iguaçu, o nosso Ganges, o nosso Reno. *In*: IPPUC. **Memória da Curitiba Urbana**. Curitiba,1990, v.3

MAZZA, L. G. A ponta obscura do nosso “iceberg” social. *In*: IPPUC. **Memória da Curitiba Urbana** Curitiba,1990, v.5

MONTGOMERY, C. W. **Environmental geology**. WCB/Mc Graw Hill, Boston, 1997.

MURCK,B.W.; SKINNER, B.J.; PORTER, S.C. **Environmental Geology**. New York,Willey & Sons, 1996.

MS, FNS,PMC, SMS. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde Prefeitura Municipal e Curitiba e Secretaria Municipal de Saúde de Curitiba. **Construindo um ambiente saudável**. Curitiba, 2000

NIEGLOWSKI, A. M.; FERRANTE SILVA, E.M; NUNES BOSA, M. T. **Mapa de toxidade média**: Daphnia magna (jul.1992-jul.1999). Disponível em <www.pr.gov.br/iap/ qualidade.html> acesso em fev.2004

PEREIRA, M. R. M. **Semeando iras rumo ao progresso**: Ordenamento jurídico e econômico da Sociedade Paranaense, 1829-1889. Curitiba: UFPR, 1996. 184 p.

PEREIRA, M. R. M.; SANTOS , A. C. A. **300 anos Câmara Municipal de Curitiba** :1693-1993. Edição Histórica. Curitiba: Câmara Municipal de Curitiba, 1993. 89 p.

PILOTTO, R. (Engenheiro Civil do Depto de Parques e Praças da SMMA) **Entrevista concedida a autora**, Curitiba, ago. 2003.

PMC. Prefeitura Municipal de Curitiba. Saneamento. 1996. *In:* < www.celepar.br.curitiba.ctbaa.html.obras.Sn.htm> acessado em fev. 2004

RAIZ, S. (Engenheiro Civil, foi prefeito de Curitiba no período 1975-79, Secretário Estadual em diversas secretarias entre elas a de Viação e Obras Públicas) Entrevista concedida em agosto de 1990. *In*: IPPUC. **Memória da Curitiba Urbana**. Curitiba, v.5

SALAMUNI, R. Breves considerações sobre os aspectos geológicos da bacia de Curitiba. *In:* LIMA, R. E. **Uso dos solos e dos rios**: Conceitos e aplicações para a região de Curitiba. Curitiba, UFPR –NIMAD. 2000. 194p: il.

SANTOS, S. C. H. Da responsabilidade civil pelas inundações. *In:* LIMA, R. E. **Uso dos solos e dos rios**: Conceitos e aplicações para a região de Curitiba. Curitiba, UFPR – NIMAD. 2000. 194p:

SEMA-PR. SEAB, SEPL. Secretaria do meio ambiente e recursos hídricos. Secretaria da agricultura e abastecimento. Secretaria do planejamento e coordenação geral. **Programa Rede da Biodiversidade** : Projeto Paraná Biodiversidade. Curitiba, s/d (Acordo de doação firmado entre o Banco Mundial e o Governo do Paraná, com recursos do fundo fiduciário do Fundo Mundial para o Meio Ambiente-GEF)

SERETE S. A. **Engenharia. Estudo de Viabilidade Econômica de Saneamento e Urbanização dos Parques Barigüi e São Lourenço**. São Paulo. 1972. 105p. mai

STICA, N. *In:* LIMA, R. E. **Uso dos solos e dos rios**: Conceitos e aplicações para a região de Curitiba. Curitiba, UFPR –NIMAD. 2000. 194p: il.

SUDERHSA. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Índice de qualidade da água**. 2004 Disponível em <www.pr.gov.br/meioambiente/sudehrsa/monit_quali_iqa.shtml> acesso fev. 2004

__________. **Sistema de Previão de Cheias e Enchentes**. Disponível em: <www.simepar.br/suderhsa/boletim.index.jsp> acesso 2004

________. **Sistema de Monitoramento e Alerta para a Bacia do Alto Iguaçu** Disponível em: <www.pr.gov.br/meioambiente/suderhsa/sist.monit.alerta.shtml> acesso em 2004.

TONIOLLO, V; BRUNKOW, R; QUADRADO, F.P; **Mapa bacteriológico e mapa de parâmetros físico-químicos** (mar.1997-mar.1999).Disponível em <www.pr.gov.br/iap/ qualidade.html> acesso em fev.2004

TRINDADE, E. M. C. et al. **Cidade, homem e natureza**: uma história de políticas ambientais de Curitiba. Curitiba. UNILIVRE. 1997. 154p.

ANÁLISE DA CHEIA DE 2004 NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO

JOAQUIM GUEDES CORRÊA GONDIM FILHO[1]
KLEBBER TEODOMIRO MARTINS FORMIGA[1]
RAFAEL XAVIER MERIADE DUARTE[1]
MARTHA REGINA VON BORSTEL SUGAI[1]

[1]Superintendência de Usos Múltiplos
Agência Nacional de Águas
Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Bloco B e L
CEP: 70610-200 , Brasília - DF
{joaquim, klebber.formiga, rafael.duarte, martha.sugai}@ana.gov.br

GONDIM FILHO, J. G. C.; FORMIGA, K. T. M.; DUARTE, R. X. M.; SUGAI, M. R. V. B. Análise da cheia de 2004 na bacia do rio São Francisco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 524-538. (CD-ROM)

RESUMO
A bacia hidrográfica do rio São Francisco é uma das principais do Brasil. Nela estão instaladas uma série de usinas hidrelétricas, que são a principal fonte de energia da região Nordeste do Brasil. Nesta região também estão instalados grandes empreendimentos de irrigação que sustentam, em boa parte a economia da região. O objetivo desse trabalho é fazer uma análise da cheia ocorrida no início do ano de 2004, identificando causas e o nível de severidade do evento. Verificou-se que do ponto de vista da bacia como um todo, as vazões alcançadas no Submédio São Francisco, não foram tão severas, porém, considerando apenas o aspecto das pequenas bacias de contribuição ali localizadas o evento foi um dos maiores registrados. Os efeitos mais nefastos dessa cheia se deram principalmente, em virtude da ocupação da zona de inundação, Evidenciando que a não ocorrência de cheias por um período muito longo é, ironicamente, um fator de risco, pois encoraja a ocupação das várzeas por parte da população, para exploração econômica ou residencial.
Palavras-chave: São Francisco, enchentes.

ABSTRACT
The São Francisco watershed is one of the most important ones in Brazil. It contains a series of hydroelectric power plant, which are the main source of energy for the Northeast Region of Brazil. This region is a home to several large-scale irrigation projects which are key to the local economy. The purpose of this work is to analyze the flood which occurred in the beginning of 2004, to identify its causes and degree of severity. Considering the watershed as a whole, the water flows registered in the sub-medium and low São Francisco River were not very severe. However, considering the small size of the contributing watersheds, the flood event was one of the largest ever. The worse impacts of this flood were caused mainly by the occupation of the flood zones, which points out that the non-occurrence of floods for a long period, is ironically, a risk factor, as it encourages parts of the population to occupy the flood zones for economical or residential purposes.
Key-words: São Francisco, flood.

1. INTRODUÇÃO

Com aproximadamente 2.700 km de extensão e descarregando uma vazão média de longo período de 2.810 m^3/s no Oceano Atlântico, o rio São Francisco é um dos principais rios do Brasil. Sua bacia hidrográfica possui uma área de 639.219 km^2, onde habitam cerca de 13 milhões de pessoas, que correspondem a 8% da população do País. A bacia abrange parte dos Estados de Minas Gerais, Bahia, Sergipe, Pernambuco, Alagoas, Goiás e do Distrito Federal.

Os principais problemas de enchentes na bacia do São Francisco estão ligados à: urbanização – mais recorrente na parte alta da bacia, em particular na Região

Metropolitana de Belo Horizonte – e ao extravasamento das águas para o leito maior e a planície de inundação, principalmente nas cidades localizadas às margens do rio.

Em função da elevada densidade demográfica, principalmente junto às margens do rio principal e seus afluentes, refletida principalmente através da implantação de perímetros de irrigação, que são responsáveis pelo sustento econômico da região, as cheias na bacia do São Francisco, devido ao extravasamento das águas para o leito maior e a planície de inundação, têm um impacto significante no cenário nacional.

Durante o corrente ano ocorreu um evento de cheia que atingiu a região do Submédio São Francisco. Este fenômeno que mobilizou os Governos Federal e Estaduais, foi responsável por prejuízos em várias cidades localizadas às margens do rio, como também pela destruição de muitas lavouras que estavam situadas dentro da zona de inundação do rio.

Este trabalho tem por objetivo fazer uma caracterização do fenômeno ocorrido entre os meses de janeiro e fevereiro de 2004, identificando causas e o nível de severidade do evento.

2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA

2.1 Divisão da Bacia

A bacia do São Francisco é dividida em quatro trechos, denominados regiões fisiográficas, conforme apresentado na figura 1. De montante para jusante, os trechos são o Alto São Francisco, Médio São Francisco, Submédio São Francisco e Baixo São Francisco.

- Alto São Francisco: Corresponde à região compreendida entre a nascente do rio principal, na serra da Canastra, Estado de Minas Gerais, e a confluência com o rio Jequitaí, ainda no mesmo estado. É uma região onde predomina o clima úmido, havendo trechos de clima subúmido úmido e subúmido seco, sendo, portanto, uma importante região geradora de vazões.
- Médio São Francisco: É o trecho de maior extensão, com 1.152 km, entre a confluência do rio Jequitaí com o São Francisco e a barragem da usina hidrelétrica de Sobradinho, na divisa entre os Estados de Pernambuco e Bahia. Possui regiões de clima subúmido seco e semi-árido.

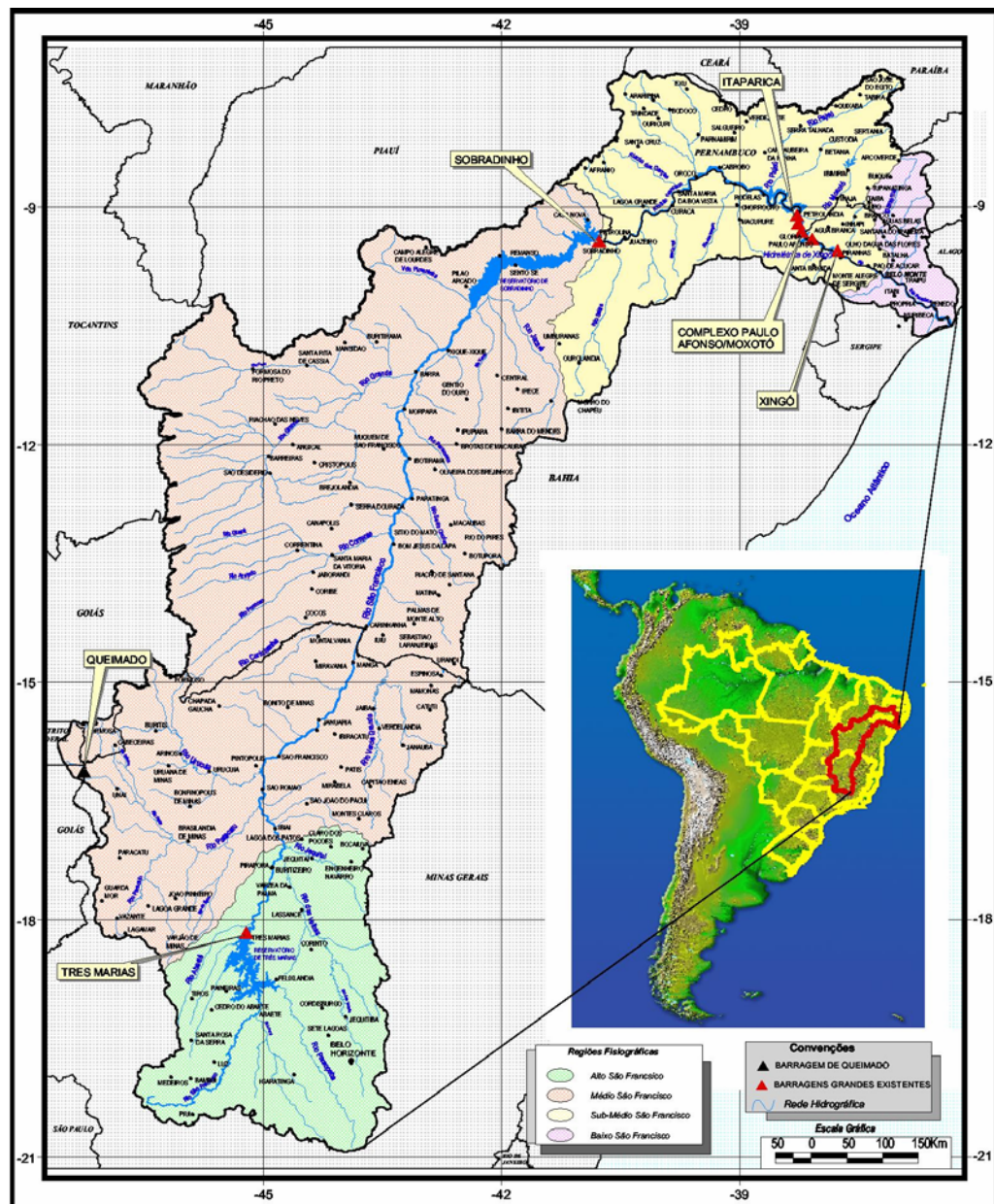



Figura 1. Bacia hidrográfica do rio São Francisco dividida em regiões fisiográficas e suas principais usinas hidrelétricas.

- Submédio São Francisco: Com 568 km, corresponde ao trecho entre a barragem de Sobradinho e a cidade de Belo Monte, em Alagoas. Caracteriza-se por ser uma região de clima árido a semi-árido, pela vazão regularizada pelos reservatórios das usinas de Sobradinho e Itaparica e pela maior declividade do leito original do rio, o que resultou na construção de uma cascata de usinas hidrelétricas no trecho, que ainda é estudado para construção de novas usinas.
- Baixo São Francisco: Corresponde ao trecho a jusante de Belo Monte, até a foz no oceano Atlântico, na divisa dos Estados de Sergipe e Alagoas. Caracteriza-se por ser

um trecho de rio encaixado e de vazões regularizadas pelos reservatórios das usinas de Sobradinho e Itaparica.

2.2 Geologia

Do ponto de vista geológico, a bacia do rio São Francisco pode ser dividida em terrenos cristalinos e sedimentares. Nesta divisão, os terrenos sedimentares incluem as bacias sedimentares, coberturas detrito-lateríticas, depósitos colúvio-eluviais e aluviões. Observa-se que as áreas ocupadas pelo embasamento cristalino localizam-se, predominantemente, na margem direita do rio São Francisco, no Alto e Médio São Francisco e, em ambas as margens, na região do Baixo São Francisco .

Os terrenos cristalinos perfazem aproximadamente 57% da área da bacia do São Francisco, enquanto os terrenos sedimentares representam aproximadamente 43%. Os terrenos sedimentares, via de regra, possuem boa capacidade de armazenamento de água. Favorecem a infiltração da água e reduzem vazões máximas nas calhas dos cursos de água devido à boa permeabilidade e porosidade das rochas. Os terrenos cristalinos, ao contrário, possuem pouca capacidade de acumulação e favorecem a rápida saturação e o incremento do escoamento superficial, o que contribui para maiores vazões de pico.

2.3 Precipitação

A Figura 2 mostra dados de precipitação e clima na bacia do rio São Francisco, conforme apresentado no Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na bacia do São Francisco (2003). Pode-se observar que a porção mineira da bacia, particularmente as áreas mais próximas à cabeceira, apresenta maior pluviosidade, com total anual da ordem de 1.500 mm, destoando do restante da bacia.

Do escoamento total do rio São Francisco, 70% têm origem na precipitação ocorrida no Estado de Minas Gerais, que ocupa apenas 37% da área da bacia. Mesmo sendo abastecida pela região úmida de Minas Gerais, a bacia do rio São Francisco apresenta um problema crônico de secas, principalmente nas sub-bacias de seu trecho semi-árido. Muitas destas sub-bacias são compostas por rios intermitentes, que têm seus vales utilizados por pequenos agricultores. Grandes períodos sem ocorrência de enchentes são suficientes para encorajar a ocupação das várzeas de inundação, com cultivos ou mesmo habitações, o que ocasiona prejuízos e impactos sobre seus moradores por ocasião de cheias.

Figura 2. Precipitação pluviométrica e climas na bacia do São Francisco.
Fonte: CODEVASF

2.4. Caracterização da cheias na bacia do rio São Francisco

As enchentes decorrentes do extravasamento da calha, que em grandes bacias, como é o caso da bacia do rio São Francisco, caracterizam-se por uma duração que pode ser da ordem de semanas, causadas pela sobrelevação dos níveis dos principais rios da bacia e conseqüente alagamento das suas várzeas, após um período de chuvas frontais

(COMISSÃO INTERMINISTERIAL DE ESTUDOS PARA O CONTROLE DAS ENCHENTES DO RIO SÃO FRANCISCO, 1980).

Ao longo do rio do São Francisco o controle das enchentes é feito aproveitando as grandes barragens de usos múltiplos, operadas pelo setor elétrico, para amortecimento das cheias, aliado à construção de diques longitudinais para proteção das comunidades ribeirinhas.

Em parte do Médio, no Submédio e no Baixo São Francisco, as enchentes são controladas pelos reservatórios das usinas de Três Marias e Sobradinho. Em geral, esses reservatórios conseguem reter volumes de água afluentes, em função da alocação de volumes de espera. Atualmente, para Três Marias, protege-se uma cheia afluente de tempo de retorno - TR de até 20 anos; já para Sobradinho, protege-se cheias de TR até 10 anos (ONS, 2003). Entretanto, há ainda duas situações a serem analisadas.

Na primeira situação, caso haja aporte de volume de água superior à capacidade reservada no volume de espera do reservatório, haverá vertimento de água em grandes quantidades, inclusive para segurança e proteção da estrutura do barramento. Logo, há o aumento rápido do nível de água dos cursos de água a jusante das usinas e inundação de áreas marginais. Na segunda, ocorrem chuvas após os barramentos, nas regiões chamadas de bacias incrementais. Nas duas situações, quando a população ocupa o leito maior ou a área da planície de inundação, sofre prejuízos. A cheia ocorrida no início do ano de 2004 deveu-se essencialmente à segunda situação.

O controle de cheias realizado pelo setor elétrico se baseia em três etapas importantes, que geram três relatórios realizados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS. A primeira etapa, base principal do planejamento, é a definição das vazões máximas que podem ser despachadas por cada usina, denominadas restrições operativas hidráulicas, no caso, de vazões ou níveis máximos. Esta primeira etapa gera o relatório *Inventário das Restrições Operativas Hidráulicas dos Aproveitamentos Hidrelétricos*. Na segunda etapa, estas restrições são utilizadas para a definição do volume de espera das usinas hidrelétricas, dimensionado para amortecer uma cheia de determinado tempo de retorno. Esta fase gera o relatório *Plano Anual de Prevenção de Cheias*, estudo realizado todo ano para o período chuvoso subseqüente. A terceira etapa é a definição dos procedimentos a serem adotados nas situações de uma cheia normal, de magnitude igual ou inferior à calculada para o volume de espera, de uma cheia excepcional, superior à que dimensionou o volume de espera e gera vertimentos, cheia a jusante e possivelmente riscos

à própria estrutura e segurança da barragem, e de não cheia. Esta última etapa gera o *relatório Diretrizes para as Regras de Operação de Controle de Cheias*.

3. METODOLOGIA

A caracterização do fenômeno ocorrido entre os meses de janeiro e fevereiro de 2004, identificando causas e o nível de severidade, neste artigo, é dividida em duas partes:

- descrição da cheia de 2004 no Submédio São Francisco; e
- análise estatística da cheia de 2004.

Na descrição da cheia de 2004 são apresentados a distribuição das chuvas e das vazões neste evento, bem como uma verificação dos volumes de espera na bacia.

Para se fazer a análise estatítstica da cheia do início de 2004 no Submédio São Francisco, empregou-se as séries de vazões naturais médias diárias foram obtidas a partir dos resultados do projeto "Reavaliação de Séries de Vazões Naturais da Bacia do Rio São Francisco", contratado pelo ONS (2004).

Os estudos de análise de freqüência dos máximos anuais de vazão média diária foram realizados com o intuito de avaliar o período de retorno das maiores descargas registradas nos hidrogramas de uma determinada seção de controle. Foram feitos estudos de freqüência para as estações fluviométricas de Xingó, e da contribuição incremental do trecho Sobradinho-Xingó que estão localizadas na calha principal do rio, mais precisamente limitando o Submédio São Francisco .

Na elaboração dos estudos de freqüência foram realizadas os seguintes passos:

- seleção do máximo anual de vazão natural média diária para cada ano hidrológico, período compreendido entre 1º de outubro do ano anterior a 30 de setembro do ano em questão, o período de análise considerado foi de 1º de outubro de 1931 a 30 de setembro de 2001, num total de 70 anos observados;
- ordenação decrescente das vazão selecionadas;
- determinação do número de ordem para cada quantil. O quantil de maior valor tem número de ordem 1, enquanto o de menor valor possui número de ordem n. O caráter “n” representa o tamanho da amostra;
- cálculo da probabilidade de excedência empírica (posição de plotagem). Na ocasião, foi utilizada a expressão do Método Califórnia ou Kimbal;

  cálculo do tempo de recorrência de cada quantil de vazão;

- ajuste das distribuições de probabilidade à amostra de dados, composta pelos pares de pontos posição de plotagem x máximo anual de vazão média diária, utilizando o método de fatores de freqüência. Foram testadas as distribuições: Normal, Log-Normal, Gumbel e Gamma de 2 parâmetros;
- a distribuição mais adequada foi avaliada utilizando-se o teste de aderência Kolmogorov-Smirnov;
- com base nos ajustes das distribuições, efetuou-se a análise dos períodos de retorno das cheia naturais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Descrição da Cheia de 2004 no Submédio São Francisco

As cheias que ocorreram nos meses de janeiro e fevereiro de 2004 foram provocadas por fortes precipitações observadas predominantemente na região do Submédio São Francisco, no final do mês de janeiro, nos Estados de Pernambuco, Alagoas, Bahia e Sergipe (Figura 3). Essas chuvas provocaram o extravasamento de diversos açudes na região, fazendo com que esses vertimentos ocorressem quase que simultaneamente, gerando assim uma onda de cheia na calha principal do rio São Francisco, principalmente no trecho da cidade de Belém do São Francisco, em Pernambuco, até a foz no Oceano Atlântico.

As fortes chuvas observadas durante o mês de janeiro foram decorrentes da incursão de frentes frias até o Estado da Bahia, a qual acarretou na formação de sistemas meteorológicos nos altos níveis da atmosfera (vórtices ciclônicos em ar superior e cavados) sobre a região Nordeste do Brasil. Tais sistemas posicionaram-se favoravelmente à ocorrência de chuvas (moderadas a fortes) sobre toda a porção leste da Região Nordeste a partir do segundo decêndio do mês, configurando-se, em média, numa freqüência de 17 dias com chuvas.

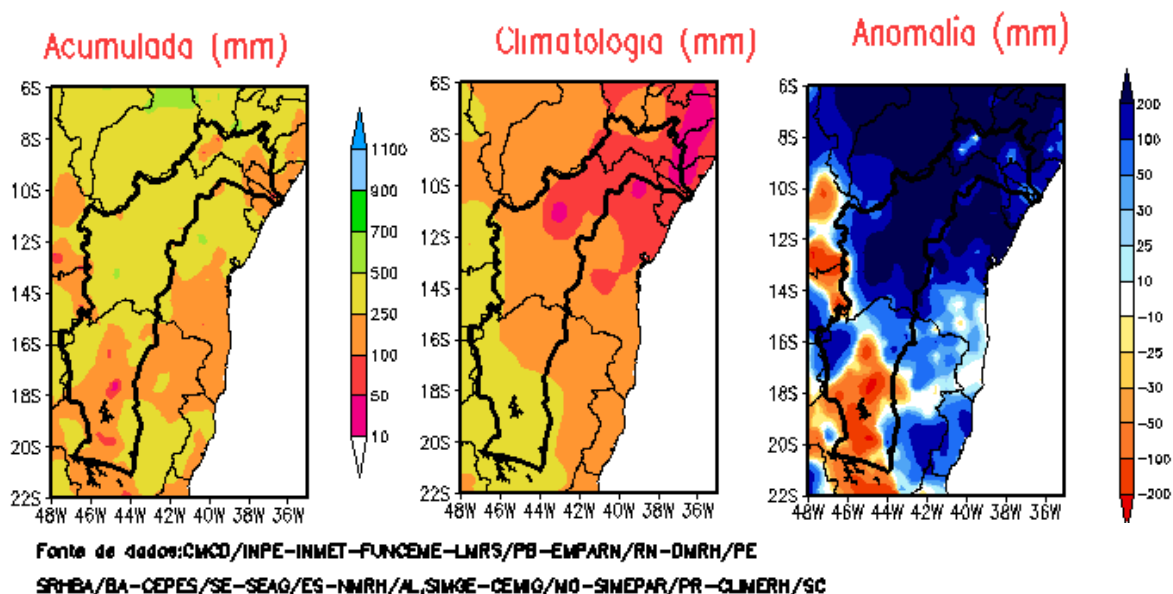



Figura 3. Precipitação, climatologia e anomalia na bacia do rio São Francisco no mês de janeiro de 2004.

Essas cheias provocadas pelas elevadas precipitações no mês de janeiro são atípicas para a região e foram responsáveis por grandes danos materiais nos afluentes do São Francisco, especialmente nos rios Pajeú, Brígida, em Pernambuco e Ipanema, em Alagoas. Embora a cheia incremental tenha tido seu valor muito alto, entre os mais altos já observados, o seu efeito na calha principal do rio foi relativamente pequeno, uma vez que a vazão incremental no trecho Sobradinho-Xingó, de cerca de 8.000 m³/s, correspondeu à vazão de restrição recomendada para este trecho pela Comissão Interministerial de Estudos para Controle das Enchentes do Rio São Francisco (1980).

A vazão máxima medida no trecho Sobradinho-Xingó ocorreu na afluência a barragem de Itaparica, atingindo um valor de 8.935 m³/s (Figura 4). Neste trecho a cheia já provocou prejuízos e paralisou atividades mesmo com vazões inferiores a 8.000 m³/s devido a ocupação indiscriminada das margens do rio. Como não havia enchente dessa magnitude há mais de 10 anos, o nível de ocupação das áreas ribeirinhas era grande, principalmente por parte de bares e instalações de lazer localizados à beira do rio, tentando aproveitar a beleza cênica do local (Figura 5).

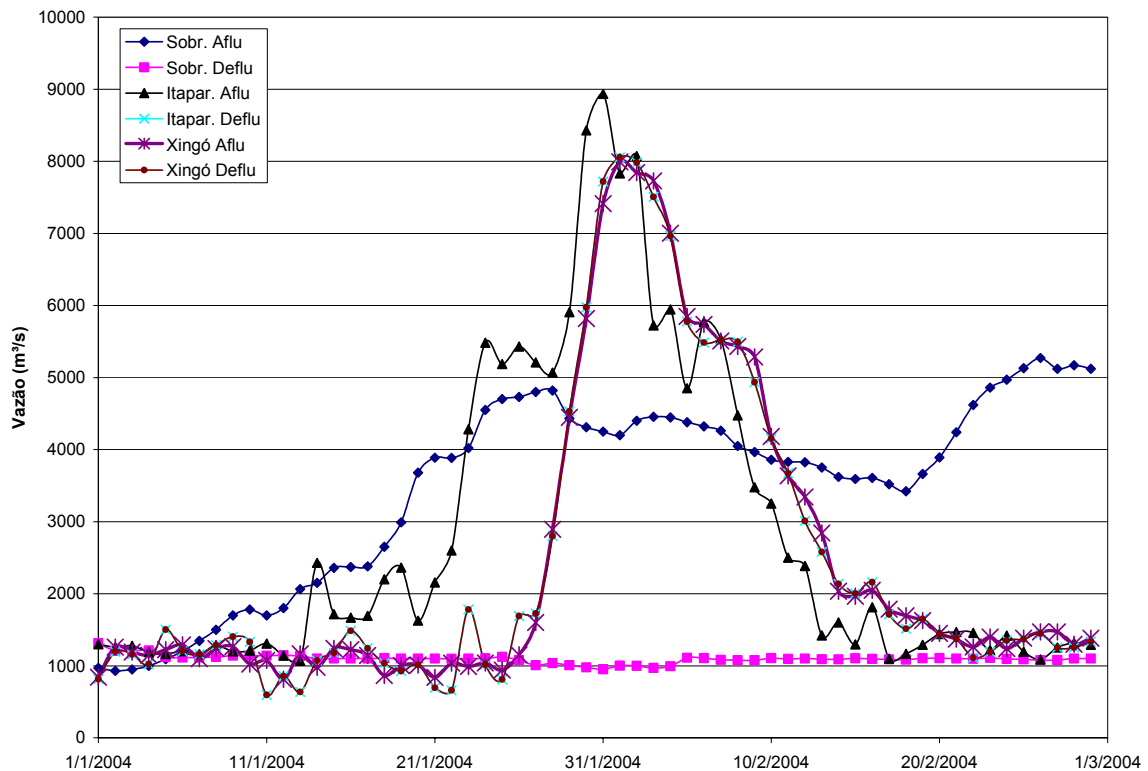



Figura 4. Hidrograma do evento da cheia de 2004 nas estações fluviométricas de Pirapora e São Francisco, a jusante de Três Marias e de Juazeiro e Própria, a jusante de Sobradinho.

Figura 5. Vista da cheia do rio São Francisco em Propriá no início de 2004

Pode-se perceber a característica local da cheia, pela vazão incremental observada entre Sobradinho e Itaparica. Verifica-se ainda que houve um amortecimento em torno de 5.000 m³/s na cheia que chegaria a Xingó, uma vez que cerca de 4.000 m³/s ficaram retidos em Sobradinho e 1.000 em Itaparica. Se esse armazenamento não tivesse ocorrido, os efeitos oriundos da enchente teria outra proporção, para a região.

A análise estatística da dimensão do evento ocorrido entre janeiro e fevereiro do corrente ano é apresentado a seguir.

4.2 Análise estatística da cheia de 2004 .

As máximas vazões naturais anuais em Xingó e as incrementais entre Sobradinho e Xingó são mostradas nas Figuras 6 e 7. Com base nessas vazões efetuou-se a análise dos dados procurando-se a distribuição que melhor reflete o comportamento da amostra.

Com base nos valores das vazões naturais máximas observadas em Xingó, e as incrementais entre Sobradinho e Xingó, efetuou-se o ajuste à diversas distribuições de probabilidades. O resultado desse ajuste é apresentado na Tabela 1 e nas Figuras 8 e 9.

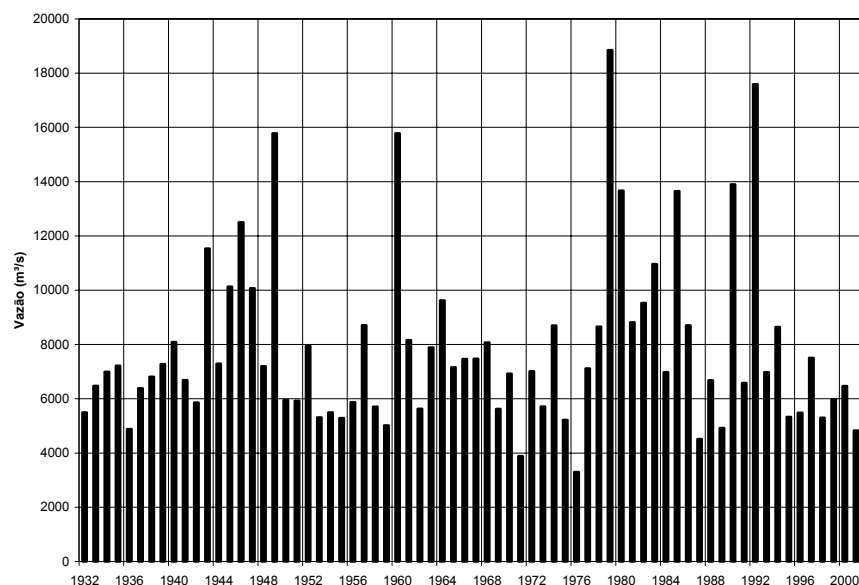



Figura 6 - Histórico de máximas vazões naturais anuais em Xingó

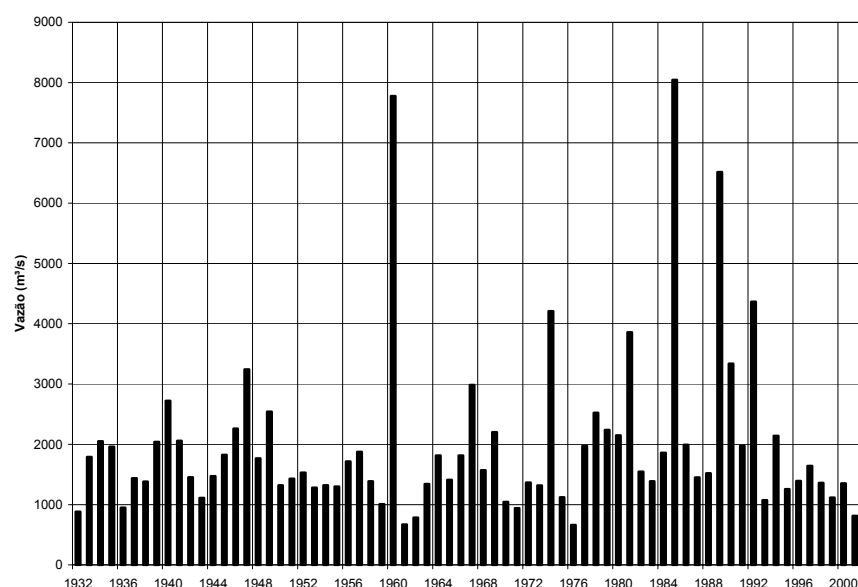



Figura 7 - Histórico de máximas vazões naturais anuais incrementais entre Sobradinho e Xingó

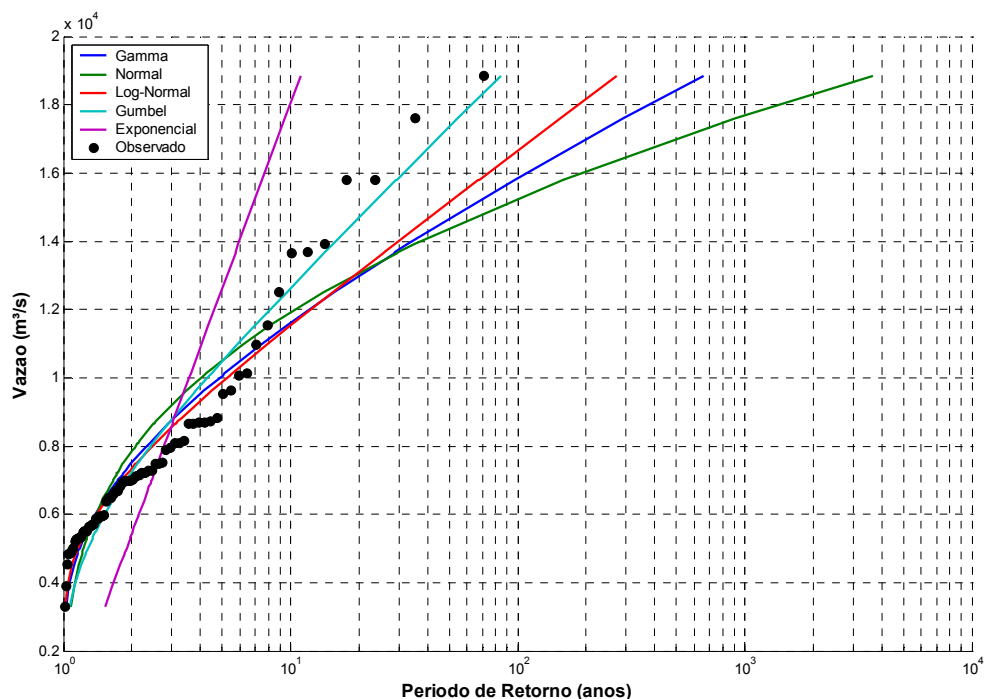



Figura 8. Análise de freqüência dos máximos anuais de vazão média diária do rio São Francisco em Pirapora.

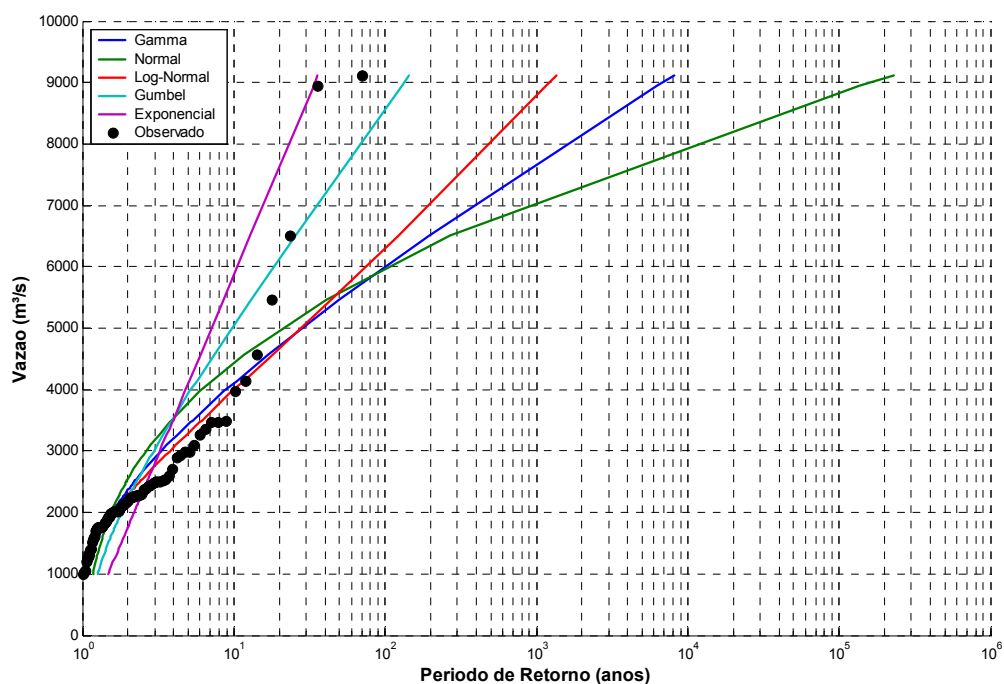



Figura 9. Análise de freqüência dos máximos anuais de vazão média diária do rio São Francisco em Pirapora.

Como o ajuste estatístico empregado neste trabalho foi feito com base nos dados das vazões naturais calculadas para os eixos dos barramentos, efetuou-se o cálculo com base nas vazões observadas no início do corrente ano, das vazões naturais em Xingó, bem

como do incremental Xingó-Sobradinho. A Figura 10 mostra o hidrograma de vazões naturais em Xingó e da vazão incremental entre Xingó e Sobradinho.

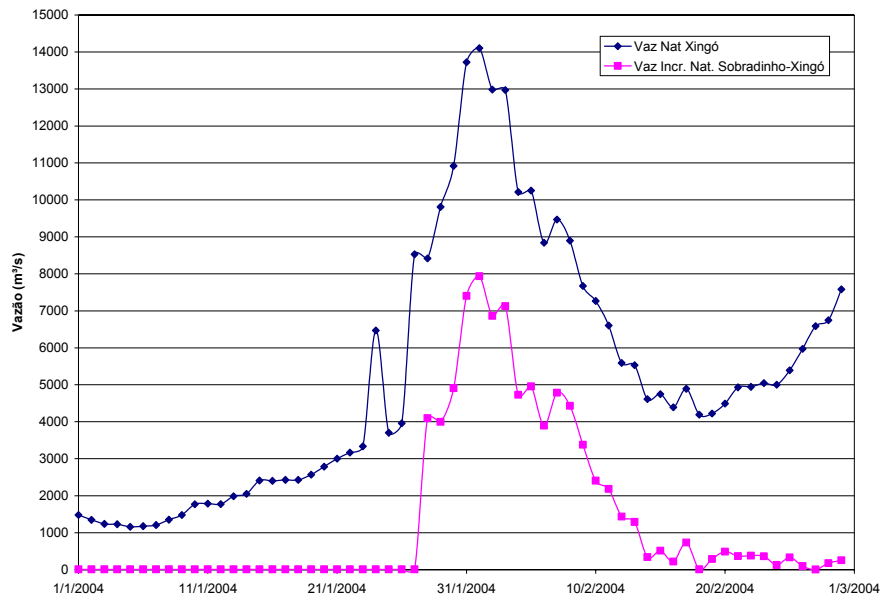



Figura 10. Hidrograma das vazões naturais médias diárias do rio São Francisco em Xingó e das vazões incrementais naturais entre Sobradinho e Xingó durante a cheia de 2004.

Tabela 1. Valores dos ajustes das estatísticas do método Kolmogorov-Smirnov.

		H	KSSTAT	CV
Gamma	Xingó	0	0.1439	0.1598
	Incremental	1	0.1695	0.1598
Normal	Xingó	1	0.1857	0.1598
	Incremental	1	0.2300	0.1598
Log Normal	Xingó	0	0.1187	0.1598
	Incremental	0	0.1322	0.1598
Gumbel	Xingó	0	0.1180	0.1598
	Incremental	0	0.1597	0.1598
Exponencial	Xingó	1	0.4167	0.1598
	Incremental	1	0.3330	0.1598

Na Tabela 1 o valor de *H* é o teste da hipótese das duas amostras, observada e calculada, pertencerem à mesma população, com um nível de confiança de 95%. O valor *0* indica que essa hipótese é verdadeira; KSSTAT é o parâmetro de ajuste do método: quanto menor o valor deste parâmetro, melhor é o ajuste. CV é o valor de referência. Se KSSTAT for maior que CV implica que a hipótese das duas amostras pertencerem à mesma população é falsa.

Verifica-se que as distribuições Log Normal e Gumbel foram as que apresentaram melhores resultados na aderência à amostra segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov, tendo a hipótese aceita para as duas demandas. Quando se verifica as Figuras 8 e 9, observa-se que para valores de período de retorno maiores, a distribuição de Gumbel se aproxima mais dos resultados observados.

Com base nos dados das vazões máximas naturais, bem como na análise das distribuições para as amostras de eventos máximos anuais nas duas seções de estudo, calculou-se os tempos de recorrência da das cheias naturais em Xingó, e do incremental, Sobradinho-Xingó. Os resultados dos tempos de retorno segundo as distribuições analisadas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Períodos de retorno (em anos) para as vazões naturais observadas na cheia de 2004

	Xingó	Incremental
Gamma	36.3	1453.1
Normal	40.1	7681.9
Log Normal	31.2	473.9
Gumbel	16.4	65.9
Exponencial	6.0	22.6

5. CONCLUSÃO

Embora o valor da vazão de pico observada em Sobradinho e Xingó seja pequeno (período de retorno de 16,4 anos), quando se analisa a cheia incremental entre Sobradinho e Itaparica, onde predomina o clima semi-árido, conclui-se que a magnitude desta vazão é expressiva, com período de retorno estimado em 65,9 anos. Denotando a intensidade das chuvas que ocorreram na região, considerando ainda que as mesmas se deram em um curto período de tempo, cerca de 5 dias.

Os danos ocasionados pela enxurrada foram minorados em virtude da atenuação da enchente nos reservatórios da bacia. O pico de cheia previsto para o barramento de Xingó foi reduzido de 14.000 m³/s para pouco mais de 8.000 m³/s, mesmo considerando que o local de formação da principal onda de cheia, à jusante de Sobradinho, é ainda pouco controlado.

No Submédio São Francisco a maior parte das cidades está situada nas áreas de leito maior e de planícies de inundação. São áreas que apresentam topografia favorável a ocupações por atividades antrópicas e propiciam, tradicionalmente, atividades de pesca, aqüicultura, recreação e lazer. Essa ocupação das margens se dá principalmente pela falta

de memória hídrica da população, acreditando que cheias de grande porte não irão ocorrer mais. Essa crença é alimentada ainda mais em períodos de longas estiagens para região, como o ocorrido nos últimos anos, em que os níveis de armazenamento na bacia atingiram valores quase críticos.

Em virtude desse fenômeno, a não ocorrência de cheias por um período muito longo é, ironicamente, um fator de risco, pois encoraja a ocupação das várzeas por parte da população, para exploração econômica ou residencial.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

COMISSÃO INTERMINISTERIAL DE ESTUDOS PARA O CONTROLE DAS ENCHENTES DO RIO SÃO FRANCISCO. **Relatório da Comissão Interministerial de Estudos para o Controle das Enchentes do Rio São Francisco**. Brasília: DNOS, 1980.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS DE SANEAMENTO - DNOS. **Causas e Conseqüências das Cheias do Rio São Francisco.** Brasília: [s.d.]. 27p.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO - ONS. **Procedimentos de rede**: Módulo 9 – hidrologia operacional, Rio de Janeiro, 2000.

_________. **Inventário das restrições operativas hidráulicas dos aproveitamentos hidrelétricos.** Rio de Janeiro, 2002.

_________. **Plano anual de prevenção de cheias – Ciclo 2003/2004.** Rio de Janeiro, 2003.

_________. **Projeto de revisão das séries de vazões naturais**: Relatório final da bacia do rio São Francisco. Rio de Janeiro: Themag Engenharia e Gerenciamento S/C Ltda; Aquavia Engenharia e Meio Ambiente, 2004. (contrato nº DPP-052/2003, 2004. R-0A). Trabalho não publicado.

PROJETO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM TERRA NA BACIA DO SÃO FRANCISCO. Subprojeto 4.5.A – Diagnóstico Analítico da Bacia e sua Zona Costeira. **Relatório Final:** versão preliminar [do] diagnóstico analítico da bacia do rio São Francisco e da sua zona costeira. Brasília: ANA, 2003a. 152 p.

DIAGNÓSTICO DAS INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS DO RIO PARAÍBA DO SUL E MANTIQUEIRA, SP: SUBSÍDIO PARA O PLANO DE CONTINGÊNCIA

MARCELO FISCHER GRAMANI[1]
FABIANA CHECCHINATO SILVA[1]
GERSON SALVIANO ALMEIDA FILHO[1]
MARIA ISABEL FARIA GOUVEIA[2]

[1]IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
Av. Prof. Almeida Prado, 532, São Paulo, SP, CEP 05508-901
[2]DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica
Rua Boa Vista, 170, São Paulo, SP, CEP 01014-000
{gramani,fabiana,gersaf}@ipt.br; isabelgouveia@daee.sp.gov.br

GRAMANI, M. F.; SILVA, F. C.; ALMEIDA FILHO, G. S.; GOUVEIA, M. I. F. Diagnóstico das inundações em áreas urbanas do rio Paraíba do Sul e Mantiqueira, SP: subsídio para o plano de contigência. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 539-553. (CD-ROM)

RESUMO
Os estudos contidos neste trabalho visam o diagnóstico e o cadastro de locais críticos a inundações nos municípios situados nas bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (UGRHI – 2) e Serra da Mantiqueira (UGRHI – 1) para subsidiar o DAEE na elaboração de um Plano de Contingência. Com o agravamento da crise econômica e seus reflexos sociais, o problema de ocupação de áreas de risco no estado de São Paulo vem se acentuando e impondo ao Poder Público a necessidade de um controle na prevenção de acidentes. A implantação de um Plano de Defesa Civil para as áreas sujeitas a inundações será um instrumento que irá subsidiar a ação dos poderes públicos, estadual e municipal, no sentido de se garantir a segurança dos moradores instalados nessas áreas de risco.
Palavras-chave: inundação, Vale do Paraíba, plano de contingência, Defesa Civil.

ABSTRACT
This paper presents the studies conducted for the identification; characterization and record of flood risk sites in Paraíba do Sul and Serra da Mantiqueira river basins. The identification and mapping of flood risk sites provided detailed view of the problem and lead to the elaboration of a Flood Disaster Prevention Plan. The operation of this plan will help increase the safety of the people living in risk areas. In fact, disasters related to floods are a major problem to be faced by São Paulo State governmental offices considering the great number of people living in risk sites.
Key-words: floods, Paraíba Valley, Civil Defense, disaster prevention plan.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Os processos de inundações e enchentes são bastante comuns nos municípios do Vale do Paraíba e da Serra da Mantiqueira (SP), principalmente nas áreas urbanas. Embora já exista um Plano Preventivo de Defesa Civil para alguns destes municípios, em funcionamento desde 2000, o mesmo atende somente problemas relacionados a escorregamentos em encostas. Desta forma, o objetivo geral deste trabalho foi a realização de um diagnóstico das inundações em áreas urbanas de 37 municípios do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira, SP (Figura 1), na tentativa de subsidiar futuros Planos de Contingência voltados para este tipo de processo. Ressalta-se que este trabalho faz parte de um convênio entre o IPT e o DAEE e se encontra em fase de desenvolvimento.

Especificamente, o trabalho teve como objetivos: a) a atualização do banco de dados de inundações a partir de notícias da imprensa; b) o cadastramento das áreas de inundações; c) o mapeamento dos pontos críticos em escala adequada, em ambiente SIG; d) análise geral das características do processo de inundação do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira; e) apoio às defesas civis municipais para o monitoramento e prevenção de acidentes hidrológicos; f) a identificação e localização das principais drenagens a serem objeto de programa emergencial de limpeza e desassoreamento, antes do período chuvoso; g) auxiliar os programas municipais para controle da expansão urbana em áreas de várzea; e h) determinar diretrizes para correção dos problemas estruturais existentes ou relocação da população que vive em áreas críticas de inundações.

Figura 1 – Mapa de localização das cidades estudadas e suas relações com as Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs).

2. MÉTODO DE TRABALHO

Para alcançar os objetivos propostos, estão sendo realizadas as seguintes etapas:

a) elaboração de uma ficha de campo para o cadastramento das áreas de inundações;

b) vistoria das áreas de inundação em todos os municípios com base nas informações oferecidas pela Comissões Municipais de Defesa Civil (COMDEC) e com acompanhamento de um membro da mesma;

c) plotagem de todos os pontos críticos levantados em uma base na escala 1:50.000, integrado a uma ficha cadastral de trabalho de campo, incluindo fotografias aéreas oblíquas e de campo;

d) geração de mapas de declividade, hipsométrico e modelos digitais de terreno (MDT) de toda a área de estudo e das bacias analisadas; e

e) atualização do banco de dados a partir das notícias da imprensa relacionadas a eventos ocorridos entre 1967 e 2003.

3. CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO

Os terrenos na região do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira apresentam compartimentos diferenciados, nos seus aspectos geológicos, geomorfológicos e geotécnicos. As diferentes condições de suscetibilidade natural do meio físico aos processos da dinâmica superficial guardam íntima relação com a história geológica desenvolvida nesta região particularizada do sudeste brasileiro.

O rio Paraíba do Sul nasce na Serra da Bocaina a 1.800 de altitude, no estado de São Paulo e é formado pela confluência entre os rios Paraitinga e Paraibuna, próximo à cidade de Paraibuna. Este rio perfaz uma extensão de 1.150 km em área total de 55.500 km^2, cortando parte dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro onde deságua na praia de Atafona, município de São João da Barra.

No contexto geológico local, há dois grandes cenários distintos, representados pelas áreas onde afloram as rochas do embasamento cristalino e, os terrenos preenchidos por rochas sedimentares terciárias da Bacia do Taubaté. Dentre as unidades geológicas atuais, a mais importante é a Seqüência Vale do Paraíba, com o sistema fluvial meandrante do Rio Paraíba do Sul (IPT, 1981a).

Segundo os Mapas Geomorfológicos do IPT (IPT, 1981b) e de Ross & Moroz (1997), a área do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira representa um grande compartimento inserido na Província Geomorfológica do Planalto Atlântico. A delimitação do relevo desta região se divide em cinco macro unidades: a) Planalto de Paraitinga, b)

Planalto da Bocaina, c) Médio Vale do Paraíba, d) Serra da Mantiqueira e, e) Planalto do Alto Rio Grande. Os solos provenientes da alteração da rocha granito-gnáissica do embasamento cristalino são solos residuais areno-argilosos, a areno-siltosos, que mantêm no saprolito, a estrutura reliquiar da rocha mãe. E os solos do Terciário da Bacia de Taubaté correspondem a argilas duras, provenientes de folhelhos da Formação Tremembé, e argilas porosas vermelhas, originadas de processos pedogenéticos correspondentes à laterização, formando solos colapsíveis.

Considerando a classificação climática apresentada por Monteiro (1973) para o estado de São Paulo, as Regiões do Vale do Paraíba e da Serra da Mantiqueira estão sob domínio de climas zonais controlados por massas equatoriais e tropicais; e na escala regional por climas do tipo úmido exposto às massas tropicais e do tipo tropical alternadamente seco e úmido. Podemos dizer que existem três compartimentos de características pluviométricas diferenciadas na área de estudo: a) Borda Interior da Serra do Mar, b) Vale do Paraíba e, c) Serra da Mantiqueira e Planalto de Campos do Jordão.

4. MODELO DE FICHA DE CADASTRAMENTO PARA INUNDAÇÕES

A importância de se elaborar uma ficha de cadastro e de caracterização de processos é de otimizar e padronizar as informações obtidas em campo por diferentes equipes. A reunião desses dados permite a construção de arquivos e bancos de dados possibilitando seu uso para estudos estatísticos posteriores. As fichas de cadastro também permitem uma rápida atualização das informações obsoletas ao longo do tempo.

A Figura 2 apresenta o modelo de ficha cadastral utilizada ao longo dos trabalhos de campo. A ficha de caracterização de áreas de inundação no Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira foi dividida em 9 blocos:

a) localização;
b) características da área;
c) características do canal;
d) intervenções na área;
e) eventos (histórico);
f) identificação das fotos de campo;
g) diagnóstico das áreas visitadas;
h) observações gerais; e
i) croqui.

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE INUNDAÇÃO – VALE DO PARAÍBA

LOCALIZAÇÃO:
Município:____________________ Data__________ N°da Ficha________
Equipe:IPT:____________________
Prefeitura:____________________DAEE:____________________
Bairro:__________Acesso:__________Coord. N:________E:________
Carta__________ Bacias/Córrego____________________

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA (uso e ocupação):
Condição das vias: ☐ pavimentada ☐ não pavimentada ☐ mista outros:__________
Sistema de drenagem: ☐ S ☐ N ☐ obstruída ☐ rede de esgoto outros:__________
Cobertura: ☐ solo exposto ☐ vegetação ☐ lixão ☐ aterro
Descrição:____________________
Pontos de erosão ☐ descrição:____________________
Densidade da ocupação (ver tab. A): 1☐ 2☐ 3☐ 4☐descrição__________
Moradias (do canal): ☐ madeira ☐ alvenaria ☐ mista **Distância do canal**_____(m) **n° de moradias**:_____

CARACTERÍSTICAS DO CANAL:
Tipo de canal: ☐ natural ☐ retificado ☐ retilíneo ☐ sinuoso :__________
Lâmina d'água_____(m) **Largura**_____(m) **Altura do talude marginal** _____(m) **Altura das cheias**_____(m)
descrição:____________________

☐ **Mata ciliar:**____________________
☐ **Assoreamento:**____________________
☐ **Captação de água:**____________________
☐ **Lixo e entulhos:**____________________
☐ **Solapamento de margem:**____________________

Identificação da situação de:
MONTANTE:____________________
JUSANTE:____________________

INTERVENÇÕES NA ÁREA:
☐ Diques ☐ Barragem ☐ Piscinão ☐ Pontes ☐ Canalizações ☐ Travessias Órgão Responsável__________
Descrição:____________________

EVENTOS:
Data: ___/___/_____ **Altura:** _____(m) **Distância do canal principal:** _______(m) **Chuva:**________
Fonte: ☐ morador ☐ prefeitura ☐ defesa civil outros:__________
Data: ___/___/_____ **Altura:** _____(m) **Distância do canal principal:** _______(m) **Chuva:**________
Fonte: ☐ morador ☐ prefeitura ☐ defesa civil outros:__________
Data: ___/___/_____ **Altura:** _____(m) **Distância do canal principal:** _______(m) **Chuva:**________
Fonte: ☐ morador ☐ prefeitura ☐ defesa civil outros:__________
Data: ___/___/_____ **Altura:** _____(m) **Distância do canal principal:** _______(m) **Chuva:**________
Fonte: ☐ morador ☐ prefeitura ☐ defesa civil outros:__________
Data: ___/___/_____ **Altura:** _____(m) **Distância do canal principal:** _______(m) **Chuva:**________
Fonte: ☐ morador ☐ prefeitura ☐ defesa civil outros:__________

FOTOS DE CAMPO:____________________

DIAGNÓSTICO:

OBSERVAÇÕES GERAIS (ex. delimitação da área inundada, sugestões de intervenção, ...**)**

Croqui (planta e perfil**)**

TABELA A: CATEGORIAS DE OCUPAÇÃO.
1 – ÁREA CONSOLIDADA: áreas densamente ocupadas, com infra-estrutura básica.
2 – ÁREA PARCIALMENTE CONSOLIDADA: áreas em processo de ocupação, adjacentes a áreas de ocupação consolidada. Densidade de ocupação de 30% a 90%. Razoável infra-estrutura.
3 – ÁREA PARCELADA: áreas de expansão, periféricas e distantes de núcleo urbanizado. Baixa densidade de ocupação (até 30%). Desprovidas de infra-estrutura básica.
4 – ÁREA MISTA: caracterizar a área quanto a densidade de ocupação e quanto a implantação de infra-estrutura.

Figura 2 – Modelo de ficha de cadastro para as áreas de inundação.

De maneira geral, foram levantados os parâmetros relativos aos dados de localização do ponto; as características da área referentes ao uso e ocupação que pudessem afetar direta e/ou indiretamente o processo de inundação (ex. condições das vias e dos sistemas de drenagem e a presença de pontos de erosão); as características do canal (ex. tipo de canal, geometria, dimensões, nível de assoreamento e presença de lixo e entulho); as intervenções realizadas na área (diques, barragem, piscinão, pontes, canalizações e travessias) e a descrição dos principais eventos de inundação. A partir destes dados, juntamente com o croqui do ponto visitado (planta e perfil) e de observações gerais, foi realizado um diagnóstico preliminar das causas e dos tipos de inundações presentes na área. Posteriormente, foram delimitadas as áreas de contribuição correspondentes a cada ponto visitado e, realizada uma análise expedita dos principais parâmetros relevantes ao tipo de processo estudado no presente trabalho (ver Item 4. Exemplo de aplicação nas subbacias de estudo).

5. EXEMPLO DE APLICAÇÃO NAS SUBBACIAS DE ESTUDO

Dentre as diversas subbacias estudas, foram escolhidas três que apresentam morfologias e dimensões distintas para exemplificar os parâmetros estudados. As três subbacias selecionadas estão localizadas nas cidades de Cruzeiro, Jacareí e Pindamonhangaba. O resumo das principais características físicas dessas subbacias é apresentado na Tabela 1. Esses dados foram obtidos a partir da geração de modelos digitais de terreno em ambiente SIG, com o objetivo de quantificar as características dessas subbacias.

Tabela 1. Principais características das bacias exemplificadas no presente artigo.

Município / ***Dados da bacia***	**Cruzeiro**	**Jacareí**	**Pindamonhangaba**
Área (km^2)	62,83	4,96	20,32
Perímetro (km)	34,65	9,50	21,04
Comprimento do canal principal (km)	12,74	3,28	9,11
Densidade de drenagem (km/km^2)	2,41	3,22	1,02
Altitude máxima (m)	1920	680	703
Altitude mínima (m)	511	580	560

Os dados apresentados na Tabela 1 mostram como as subbacias visitadas são distintas e apresentam características físicas bastante particulares. As áreas de contribuição, formas das bacias, sistema de drenagem, características dos rios e córregos, sinuosidades e diferenças de elevação, são os principais fatores que influenciam diretamente no comportamento e na dinâmica das águas superficiais.

As Figuras 3, 4 e 5 apresentam o limite dessas subbacias, a localização do ponto visitado, os principais cursos d'água, as declividades e o formato das subbacias de Cruzeiro, Jacareí e Pindamonhangaba, respectivamente. De acordo com as figuras, a subbacia de Cruzeiro apresenta maiores declividades desde a área de influência do ponto de inundação visitado até a extremidade da bacia, ao contrário da declividade apresentada pela subbacia de Pindamonhangaba, onde predominam declividades da ordem de 0-3%. Nesse caso específico, o relevo de maior energia em Cruzeiro, favorece a rápida concentração das águas e a ocorrência de inundações repentinas. No caso de Pindamonhangaba, as inundações tendem a ser mais lentas.

As subbacias de Cruzeiro e de Jacareí apresentam configuração arredondada, diminuindo o tempo de concentração das águas, enquanto a subbacia de Pindamonhangaba possui uma forma alongada, retardando a vazão das águas.

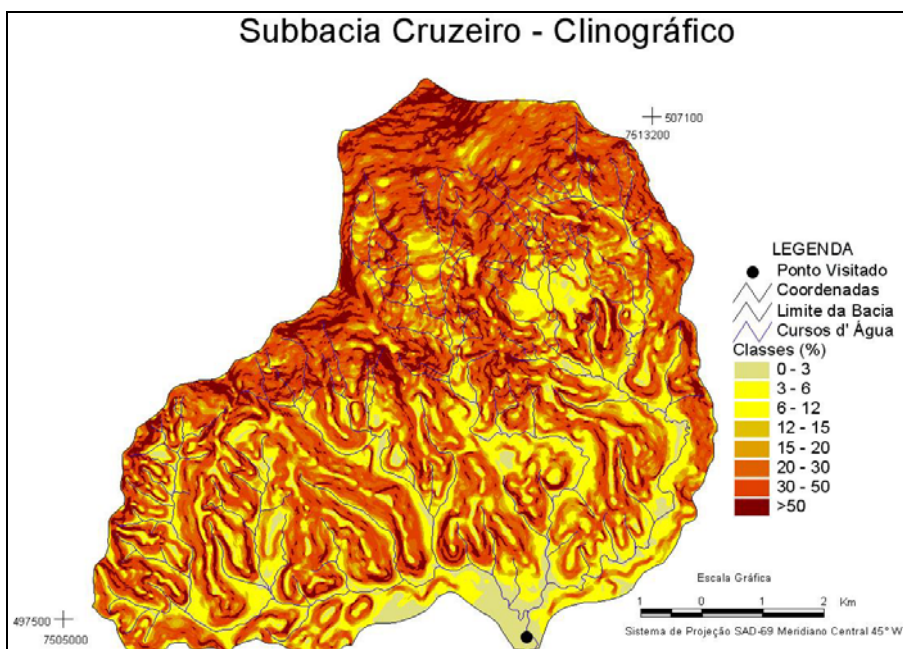



Figura 3. Mapa clinográfico da subbacia do município de Cruzeiro.

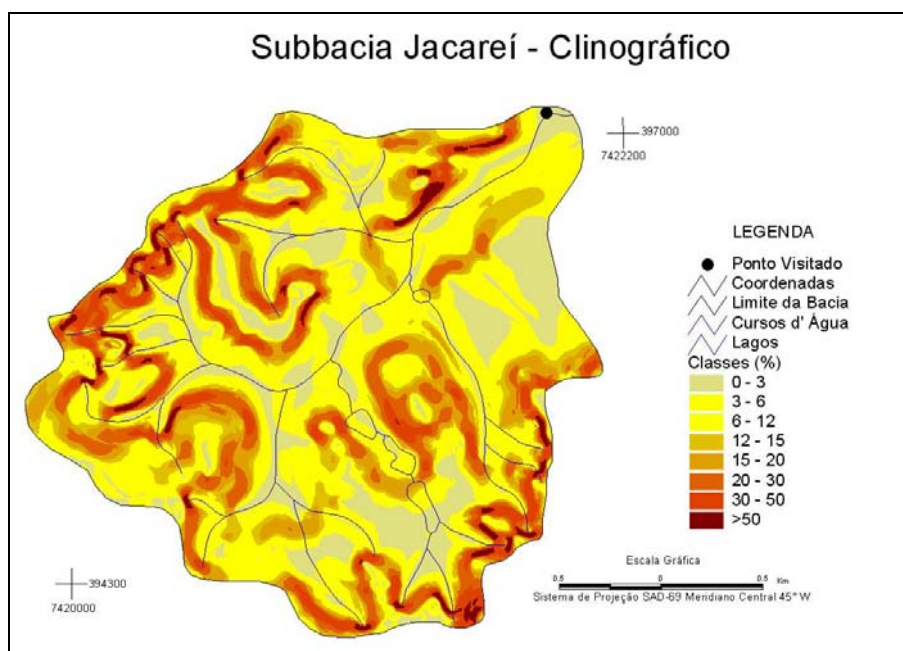



Figura 4. Mapa clinográfico da subbacia do município de Jacareí.

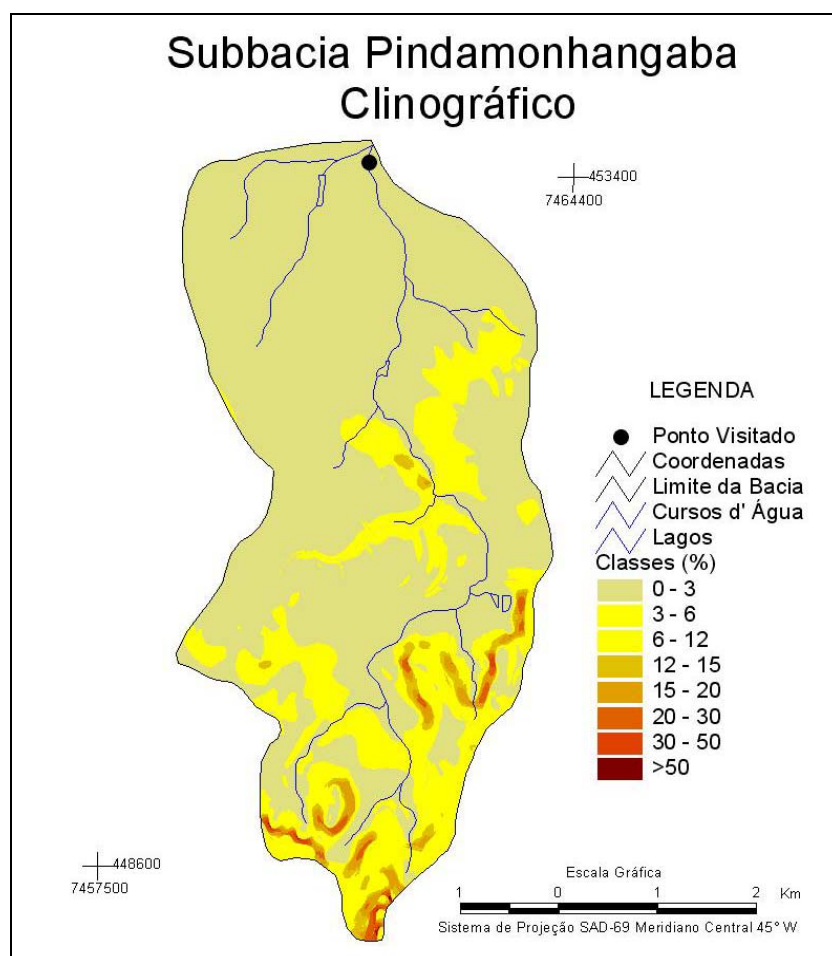



Figura 5. Mapa clinográfico da subbacia do município de Pindamonhangaba.

As Figuras 6, 7 e 8 apresentam o mapa hipsométrico das subbacias de Cruzeiro, Jacareí e Pindamonhangaba, respectivamente. A hipsometria das subbacias representa a variação da elevação dos vários compartimentos da bacia, mostrando a porcentagem da área de drenagem que existe em diferentes cotas. No presente exemplo, a subbacia de Cruzeiro apresenta uma grande porcentagem da rede de drenagem entre as cotas 500-740m, a subbacia de Jacareí possui uma distribuição mais regular e a subbacia de Pindamonhangaba apresenta uma predominância entre as cotas 550-580m.

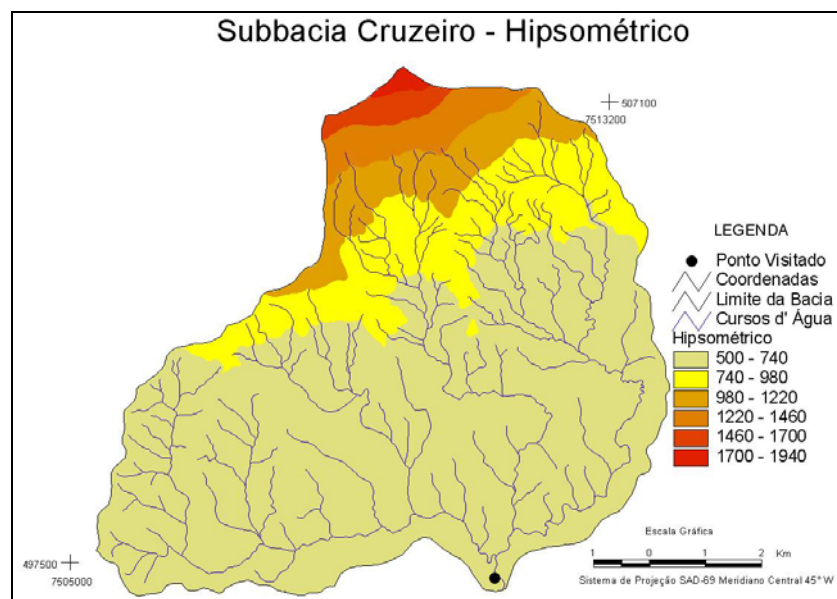



Figura 6. Mapa hipsométrico da subbacia do município de Cruzeiro.

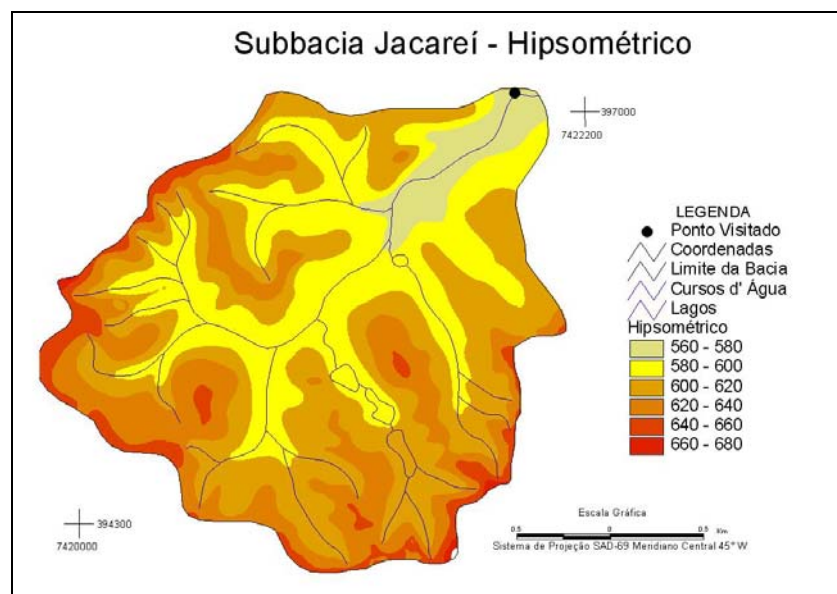



Figura 7. Mapa hipsométrico da subbacia do município de Jacareí.

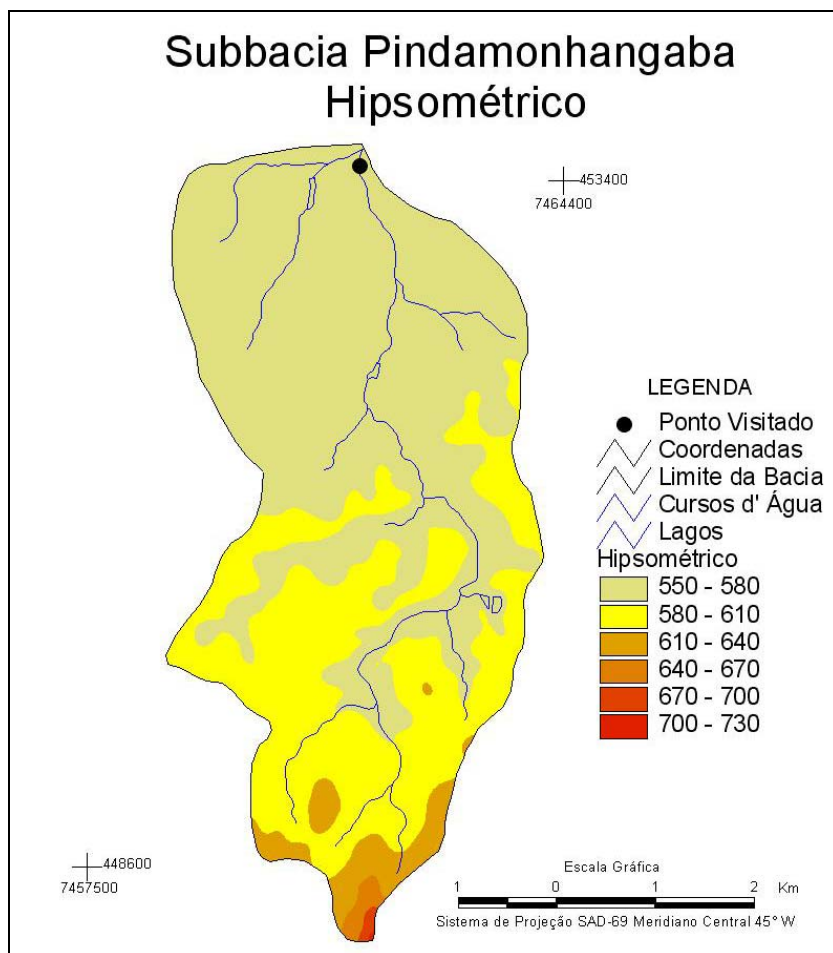



Figura 8. Mapa hipsométrico da subbacia do município de Pindamonhangaba.

5. RESULTADOS PARCIAIS

De acordo com o banco de dados das notícias de jornais, o município de São José dos Campos é o mais afetado por inundações em áreas urbanas, com cerca de 120 ocorrências no período entre 1967 e 2003, seguido por Jacareí, Taubaté e Guaratinguetá com, respectivamente, 33, 19 e 14 ocorrências. Os registros também demonstram que o processo vem se intensificando nos últimos anos, atingindo áreas anteriormente não afetadas.

A Tabela 2 apresenta o número de áreas de inundação cadastradas para cada município visitado, num total de 108. Pode-se observar que as cidades que apresentam maiores problemas são aquelas com rápido e desordenado crescimento populacional. Ressalta-se que esse número de áreas cadastradas reflete a situação atual, não se contabilizando áreas com problemas de alagamento e áreas que tiveram modificações estruturais expressivas.

Tabela 2: Número de áreas de inundação cadastradas por município visitado.

n°	MUNICÍPIOS	n° ÁREAS	n°	MUNICÍPIOS	n° ÁREAS
1	Aparecida	03	20	Natividade da Serra	00
2	Arapeí	00	21	Paraibuna	03
3	Areias	01	22	Pindamonhangaba	05
4	Bananal	07	23	Piquete	01
5	Caçapava	05	24	Potim	00
6	Cachoeira Paulista	03	25	Queluz	00
7	Campos do Jordão	05	26	Redenção da Serra	00
8	Canas	01	27	Roseira	01
9	Cruzeiro	07	28	Santa Branca	05
10	Cunha	01	29	Santa Isabel	05
11	Guararema	02	30	Santo Antonio do Pinhal	03
12	Guaratinguetá	03	31	São Bento do Sapucaí	05
13	Igaratá	01	32	São José do Barreiro	00
14	Jacareí	12	33	São José dos Campos	17
15	Jambeiro	01	34	São Luís do Paraitinga	03
16	Lagoinha	01	35	Silveiras	03
17	Lavrinhas	01	36	Taubaté	00
18	Lorena	01	37	Tremembé	02
19	Monteiro Lobato	00		**Total**	**108**

Na maioria dos municípios visitados, os problemas de inundação em áreas urbanas consolidadas (densamente povoada e com infraestrutura básica) estão vinculados, principalmente, aos seguintes pontos:

a) grande quantidade de lixo e entulho foram encontrados em todos os casos estudados, favorecendo principalmente a obstrução dos sistemas de drenagem e elevação do nível de água;
b) travessias de drenagem mal dimensionadas, principalmente tubulões e galerias;
c) estrangulamentos artificiais dos canais por meio de pontes (rodoviárias e ferroviárias) e travessias;

d) intenso assoreamento e conseqüente redução da capacidade de escoamento superficial;
e) impermeabilização dos terrenos resultando no aumento da velocidade de escoamento superficial das águas;
f) ocupação de margens de córregos provocando a obstrução do escoamento das águas, construindo aterros em áreas alagáveis, gerando deposição de grande quantidade de lixo e entulho e se tornando alvo potencial aos processos de inundação; e
g) alteração da drenagem natural por meio da retificação dos cursos d'água e construção sobre os córregos.

Quando tais núcleos urbanos se localizam a jusante de áreas parcialmente consolidadas (áreas em processo de ocupação com razoável infra-estrutura), o processo é intensificado devido à presença de solo exposto, conseqüentemente aumento de processos erosivos e, acréscimo de sedimentos nos canais de drenagem.

6. CONCLUSÕES

Após essa primeira fase de estudos, que buscaram subsidiar o DAEE na elaboração e implantação de um Plano de Defesa Civil, podem-se fazer algumas considerações a respeito das áreas sujeitas a inundações no Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira. Os estudos permitiram:

1. contabilizar o número de áreas sujeitas ao processo;
2. identificar os conflitos entre a ocupação urbana e as inundações associadas;
3. registrar e diferenciar os tipos de inundações: as naturais, decorrentes de intensos períodos chuvosos, e as induzidas pelas intervenções estruturais;
4. constatar que o fenômeno é recorrente em diversos pontos, e em muitos casos, com diferentes magnitudes;
5. constatar a magnitude do processo de inundação nas cidades do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira;
6. constatar que o assoreamento dos canais (sedimentos + lixo e entulhos) associado a obras de drenagem sub dimensionadas, são os principais responsáveis pelo aumento nos casos de inundações nas cidades visitadas, mesmo para índices pluviométricos de menor intensidade;

7. o registro de que para uma mesma bacia hidrográfica há vários pontos de inundação, ressaltando a necessidade de estudos globais e não apenas pontuais para a solução ou minimização dos problemas decorrentes das inundações;
8. constatar que algumas cidades, dentre elas, Santa Isabel, Pindamonhangaba, Lorena, Jacareí e Jambeiro, estão procurando corrigir algumas intervenções estruturais nos pontos mais críticos; e
9. identificar que alguns municípios, tais como Arapeí, Monteiro Lobato, Natividade da Serra, Potim, Queluz, Redenção da Serra, São José do Barreiro e Taubaté não tem problemas de inundações, segundo os técnicos municipais responsáveis.

7. BIBLIOGRAFIA

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT **Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500 000**. São Paulo: IPT, 1981a. 2v. (Monografias, 6).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1 000 000**. São Paulo: IPT, 1981b. 2v. (Monografias, 5).

MONTEIRO, C.A.F. **A dinâmica climática e as chuvas do Estado de São Paulo:** estudo sob a forma de Atlas. São Paulo: IGEOG/USP, 1973.

ROSS, J.L.S; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**, **escala 1:500 000**. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia, Departamento de Geografia – FFLCH – USP/ Laboratório de Cartografia Geotécnica – IPT/FAPESP, 1997. 2v.

DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE INUNDAÇÕES BRUSCAS EM SANTA CATARINA (PERÍODO 1980 – 2003)

EMERSON VIEIRA MARCELINO[1]
ROBERTO FABRIS GOERL[1]
FREDERICO DE MORAES RUDDORF[1]

[1]GEDN – Grupo de Estudos de Desastres Naturais
LabClima – Laboratório de Climatologia Aplicada
Departamento de Geociências
Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa Postal 476 - 88.040-900 – Florianópolis-SC, Brasil
gedn@grupos.com.br

MARCELINO, E. V.; GOERL, R. F.; RUDDORF, F. M. Distribuição espaço-temporal de inundações bruscas em Santa Catarina (Período 1980-2003). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 554-564. (CD-ROM)

RESUMO
O presente trabalho analisa a distribuição espaço-temporal das ocorrências de inundações bruscas no Estado de Santa Catarina, no período de 1980 a 2003. Os dados foram obtidos dos relatórios de Avaliação de Danos da Defesa Civil e espacializados num ambiente SIG. No período observado foram registradas 555 inundações bruscas, que causaram sérios danos e prejuízos. A partir da década de 90 verificou-se um aumento significativo na freqüência, que pode estar associado com a intensificação do processo de urbanização. A estação do ano mais favorável à ocorrência de inundações bruscas é o verão, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro devido às fortes convecções tropicais. Com relação à distribuição espacial, foram registrados os maiores índices nos municípios localizados na vertente atlântica, que são áreas montanhosas, com elevadas temperaturas e taxas de umidade, condições estas que favorecem a formação de tempestades convectivas isoladas (chuvas orográficas). Desta forma, a maior freqüência de inundações bruscas está associada principalmente às fortes e concentradas chuvas em relevos montanhosos.
Palavras-chaves: inundação brusca, distribuição espaço-temporal, Santa Catarina.

SPATIAL AND TEMPORAL DISTRIBUTION OF FLASH FLOOD OCCURRENCES IN THE STATE OF SANTA CATARINA (PERIOD 1980–2003)

ABSTRACT
The present work analyzes the spatial and temporal distribution of flash flood occurrences in the State of Santa Catarina, between the period of 1980 and 2003. The data were acquired from the Civil Defense Damage Assessment Reports and spatialized in a GIS environment. During the observed period it were registered 555 flash floods, which caused serious damages and losses. Since the 90's a significant increase in the frequency was verified and can be associated with the intensification of the urbanization process. The most favorable season of the year for the occurrence of flash floods is summer, mainly on January and February due to the strong tropical convections. In respect to the spatial distribution, the largest indexes were registered on the counties located close to the Atlantic Coastal Plain. These counties are located over a mountainous area, with high temperatures and humidity rates, which are favorable conditions to the formation of isolated convective storm (orographic rainfall). Thus, the largest frequency of flash floods is mainly associated to strong and concentrated rainfall in mountainous areas.
Key-words: flash flood, spatial-temporal distribution, Santa Catarina State.

1. INTRODUÇÃO

O Estado de Santa Catarina, ao longo de sua história, sempre foi afetado pelos desastres naturais, especialmente os relacionados a eventos pluviométricos extremos. Além disto, a intensa urbanização, a ocupação desordenada das planícies de inundação, o desmatamento e diversos outros fatores geoambientais têm contribuído para aumentar os

danos e prejuízos causados pelos mesmos nas últimas décadas. Dentre os principais fenômenos que podem ser desencadeados pelas precipitações extremas causando significativos danos sócio-econômicos, destacam-se principalmente as inundações e os escorregamentos (Herrmann, 2001).

As inundações destacam-se dos demais fenômenos em Santa Catarina em virtude da quantidade de ocorrências e intensidade dos danos. Como exemplo, mencionam-se as inundações ocorridas em 1974, 1983 e 1984. Em 1974 houve o transbordamento do rio Tubarão, que atravessa o município de mesmo nome, que deixou 60.000 desabrigados, 199 mortes e 3.000 casas destruídas, que correspondia a 25% das existentes (Zarbatto, 2004).
As inundações de 1983 e 1984, também afetaram significativamente diversos municípios catarinenses. Em julho de 1983, 78 municípios decretaram estado de calamidade pública em virtude das inundações que deixaram 197.790 desabrigados e 49 mortes. No ano seguinte as inundações não causaram muitas mortes (2), mas ainda deixaram um expressivo número de desabrigados (155.200). Nestes dois anos, um dos municípios mais afetados foi Blumenau que apresentou um número de 135.000 desabrigados e de 11 mortes (Herrmann, 2001).

Com base nos trabalhos de Whitehouse e Burton (1999), Perry (2000) e Choudury et al. (2004) as inundações podem ser classificadas basicamente como inundação fluvial *(river flood*), inundação brusca (*flash flood*) e inundação costeira (*coastal flood*). A inundação fluvial ocorre quando o fluxo de água ultrapassa as margens (*bankfull*) de um rio, depositando o excedente hídrico numa planície de inundação adjacente. A inundação brusca está associada a chuvas intensas e concentradas que resultam numa rápida elevação do nível d'água. Por último, a inundação costeira (maré de tempestade) esta associada à elevação do nível do mar que pode ocorrer em eventos de marés de sizígia extrema, em eventos de tempestades que empilham água na costa devido aos fortes ventos (furacões, ciclones e frentes frias), ou devido à associação de ambos que avança sobre a planície litorânea causando sérios danos. Em alguns casos, junto com os fortes ventos, ocorrem grandes ondas e precipitações intensas que agravam ainda mais os efeitos desta inundação.

Entretanto, as inundações bruscas destacam-se dos demais fenômenos em virtude de seu potencial destrutivo e da elevada freqüência de ocorrências. São popularmente conhecidas como enxurradas, sendo geralmente desencadeadas por chuvas convectivas intensas e concentradas, que ocorrem em curto espaço de tempo (poucas horas), ocasionando o aumento súbito e violento do nível das águas (Georgakakos, 1986; Kömüşçü et al., 1998; Whitehouse e Burton, 1999; Gaume et al., 2004). Segundo Montz et

al. (2002), as inundações bruscas são distintas das inundações ordinárias, pois ocorrem de forma inesperada; movem-se rapidamente, quando associadas a um curso d'água; são geralmente violentas, com elevado potencial destrutivo; apresentam uma área relativamente pequena de impacto; e são freqüentemente associadas a outros perigos naturais como fluxo de detritos (*debris flow*) e ressacas (maré meteorológica ou de tempestade).

Este fenômeno, conforme Georgakakos (1986) e Doswell (1994), é o resultado da interação de diversos processos atmosféricos e terrestres como: a presença de precipitações extremas sobre uma determinada área em poucas horas; umidade no solo (precipitação precedente); forma das encostas; relevos íngremes; superfícies impermeáveis; e repentina descarga d'água (rompimento de barragens). Em alguns casos todos estes pressupostos podem estar presentes, o que eleva ao máximo o poder de destruição do fenômeno. Simplificando, Georgakakos (1986) comenta que a freqüência, a localização e a intensidade das inundações bruscas estão diretamente vinculadas à quantidade de umidade presente na atmosfera que contribui para a formação e alimentação das tempestades severas, à intensidade da precipitação que pode variar no tempo e espaço, e ao relevo.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo principal analisar a distribuição espaço-temporal das inundações bruscas no Estado de Santa Catarina no período de 1980 a 2003 visando contribuir com a prevenção deste fenômeno.

2. METODOLOGIA

Poucos estudos sobre inundações bruscas têm sido realizados no Brasil, conseqüentemente, ainda não há um consenso sobre a definição deste fenômeno na comunidade científica. Desta forma, adotou-se a definição sugerida pela Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), onde inundação brusca refere-se ao "*volume de água que escoa na superfície do terreno com grande velocidade, resultante de fortes chuvas*" (Castro, 1998). Além do que, os dados utilizados neste trabalho foram retirados dos relatórios de Avaliação de Danos (AVADAN) da Defesa Civil. Estes relatórios são enviados ao Departamento Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina (DEDC-SC) após o município ter decretado Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP), em virtude de algum desastre de ordem natural e/ou artificial, que causaram extensivos danos à população.

Nos AVADANs, além da quantificação dos danos e prejuízos, também constam informações relacionadas com as características físicas do evento, como magnitude e

intensidade. Ressalta-se que nem todos os casos de inundações bruscas foram registrados nestes relatórios, isto é, somente os eventos que causaram danos significativos, ocasionando uma SE ou ECP nos municípios afetados. A SE é uma situação anormal provocada por desastre, dando origem a *prejuízos vultosos* e causando danos suportáveis (ou superáveis) pela comunidade afetada. Já o ECP é uma situação anormal provocada por desastre, dando a origem a *prejuízos muito vultosos* e causando danos dificilmente suportáveis (ou superáveis) pela comunidade afetada[1] (Castro, 1998).

Após a tabulação dos dados obtidos nos AVADANs, pôde-se obter a freqüência das inundações bruscas ocorridas no período de 1980 a 2003. O limiar das classes para a geração do mapa de freqüência foi determinado a partir da média aritmética de cada conjunto de dados. Inicialmente, gerou-se a média de toda a população dos dados. Depois, aplicou-se o mesmo procedimento para obter-se uma média do conjunto inferior e do conjunto superior da média geral. Assim, todos os municípios que apresentaram freqüência abaixo da média inferior foram inseridos na classe Baixa/Nula; acima da média do conjunto inferior e abaixo da média da população foram inseridos na classe Média; acima da média da população e abaixo da média do conjunto superior foram inseridos na classe Alta; e, finalmente, acima da média do conjunto superior foram inseridos na classe Muito Alta.

No ambiente SPRING 4.0, os atributos não espaciais – no caso a ocorrência de inundações bruscas – foram inseridos em um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional, onde cada entidade gráfica (município) foi ligada aos seus respectivos atributos não-espaciais armazenados em tabelas no sistema. Uma vez estabelecidas as classes, foram realizadas consultas ao banco de dados para visualização, geração de planos temáticos e posterior geração do mapa.

A base cartográfica utilizada foi produzida pela Secretaria do Estado do Desenvolvimento Econômico e Integração do Mercosul, na escala 1:250.000. A base digital de Santa Catarina foi importada para o SPRING 4.0, onde foi criado um modelo cadastral dos municípios de Santa Catarina.

---

1 Ressalta-se que os prejuízos vultosos representam de 10 a 30% do Produto Interno Bruto (PIB) municipal, onde a situação de anormalidade pode ser superada com recursos do município, reforçada ou suplementada por meios estaduais e/ou federais. Enquanto que, os prejuízos muito vultosos representam mais de 30% do PIB municipal, onde a volta da situação de normalidade depende de substancial ajuda de fora da área atingida, principalmente da União (Governo do Estado de Santa Catarina, 2003).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 1980 a 2003, ocorreram 555 episódios de inundações bruscas severas em Santa Catarina, causando danos significativos aos municípios afetados. Somente no período 2000-2003, este fenômeno trouxe ao estado um prejuízo de R$175.892.633,65 (US$ 57.206.437,59[2]), causando 13 mortes e 4.935 desabrigados. No Gráfico 1, vê-se que a ocorrência de inundações bruscas, ao longo destes 24 anos, vem aumentando gradativamente, principalmente a partir da década de 90 quando os índices de ocorrências anuais ultrapassaram frequentemente a média de ocorrências anuais (23 casos/ano). Destaca-se também os picos ocorridos em 2001 e 2003, com 118 e 78 registros, respectivamente. Nestes anos os municípios que apresentaram o maior número de ocorrências foi Guaruja do Sul e Rio do Sul, localizados no Extremo Oeste Catarinense e no Vale Itajaí, respectivamente. Este aumento gradativo pode estar associado ao processo de intensa urbanização e impermeabilização do solo, principalmente com a intensa ocupação das planícies de inundação, e também com as constantes intervenções antrópicas sobre o ambiente, que têm resultado no desmatamento de grandes áreas e assoreamento dos cursos d'água.

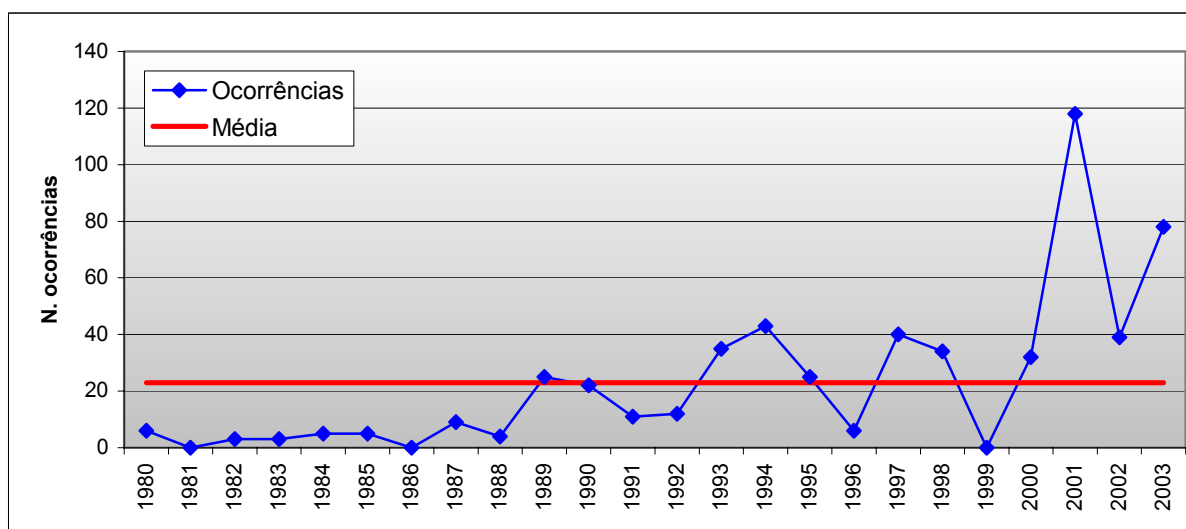



Gráfico 1 – Freqüência anual de inundações bruscas em Santa Catarina (1980 a 2003).

Segundo Georgakakos (1986), a ocupação de áreas de cabeceira de drenagem e a impermeabilização de terrenos urbanos, proporcionam condições propícias para a ocorrência de inundações bruscas, mesmo para índices de precipitação não tão severos ou anômalos. Choudhury et al. (2004) também comentam que o assoreamento, a obstrução do leito dos rios e os desmatamentos nas encostas são fatores que contribuem

[2] Cotação utilizada: 3,0747 reais (01/07/2004).

significativamente para o aumento do número de ocorrências e intensidade das inundações bruscas. Desta forma, conforme Doswell (1994, p. 105), "*Establishing residences and commerce in flash flood-prone locations is an invitation to disaster*".[3]

No Gráfico 2, pode-se observar que as estações mais propícias para a ocorrência de inundações bruscas são a primavera e o verão, sendo que nos meses de janeiro e fevereiro tem-se uma súbita elevação na freqüência das mesmas. Segundo Monteiro (2001), no verão, o calor associado aos altos índices de umidade, favorece a formação das convecções tropicais, nuvens do tipo cumulonimbus que resultam em pancadas de chuva, principalmente no período da tarde, conhecidas como chuvas de verão. Estas chuvas são fortes, localizadas e de curta duração, geralmente associadas a fortes ventos e trovoadas, ocorrendo principalmente entre as 14:00 e 17:00 h (Monteiro e Furtado, 1995). Vianello e Alves (1991) comentam que este processo está sempre condicionado a um forte gradiente térmico vertical instável, como resultado do aquecimento diurno intenso que atinge maiores proporções no período da tarde. Estas tempestades severas podem desencadear precipitações intensas de até 500mm em poucas horas (Vianello e Alves, 1991).

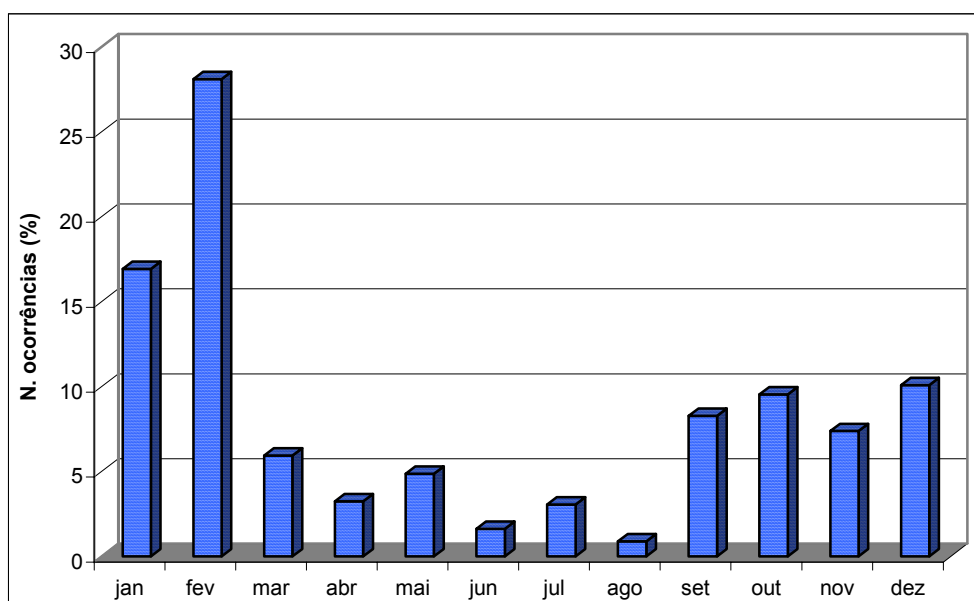



Gráfico 2 – Freqüência mensal de inundações bruscas em Santa Catarina (1980 a 2003).

Na primavera, tem-se principalmente a atuação dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) que, por serem áreas de instabilidade, favorecem a ocorrência de chuva forte, com trovoadas e granizo isolado (Monteiro, 2001). Estas tempestades, devido a grande profundidade das células convectivas, também podem gerar ventos extremamente fortes e tornados (Marcelino, 2003).

[3] "Estabelecer residências e comércios em áreas propensas a inundações bruscas é um convite ao desastre". Traduzido pelos autores.

Doswell (1997) comenta que as inundações bruscas estão freqüentemente associadas às chuvas convectivas, indiferentes ao sistema atmosférico atuante. A intensidade das chuvas está diretamente relacionada à presença de elevadas taxas de umidade (vapor d'água) que potencializa a instabilidade. Enquanto que a duração depende da formação contínua de células convectivas (efeito trem) em uma mesma área. As instabilidades convectivas, potencialmente geradoras de inundações bruscas, apresentam características multicelulares e movem-se de forma não tão rápida.

No mês de março observa-se uma brusca queda na ocorrência das inudações bruscas, devido ao declínio das temperaturas e das taxas de umidade, em relação aos outros meses de verão, responsáveis pela formação das tempestades convectivas (Monteiro, 2001). Este comportamento climático perdura até o final do mês de agosto, quando se inicia novamente a entrada dos CCMs que, em muitos casos, podem ocorrer associados às frentes frias, intensificando a atuação dos mesmos.

Com relação à distribuição espacial das inundações bruscas em Santa Catarina (Figura 1), os municípios mais atingidos no período de 1980 a 2003 foram Blumenau, Florianópolis, Anitápolis, Camboriú, Garuva, Ituporanga, Presidente Getúlio, Joinville, Rio do Sul e Benedito Novo. Na Figura 1, também é possível notar que houve um predomínio de ocorrência nos municípios localizados na vertente atlântica, principalmente nas mesorregiões Vale do Itajaí e Grande Florianópolis, e na porção leste da mesorregião Norte Catarinense. Outra área do estado que possui elevados índices de ocorrência deste tipo de inundação localiza-se na porção norte da mesorregião Oeste Catarinense.

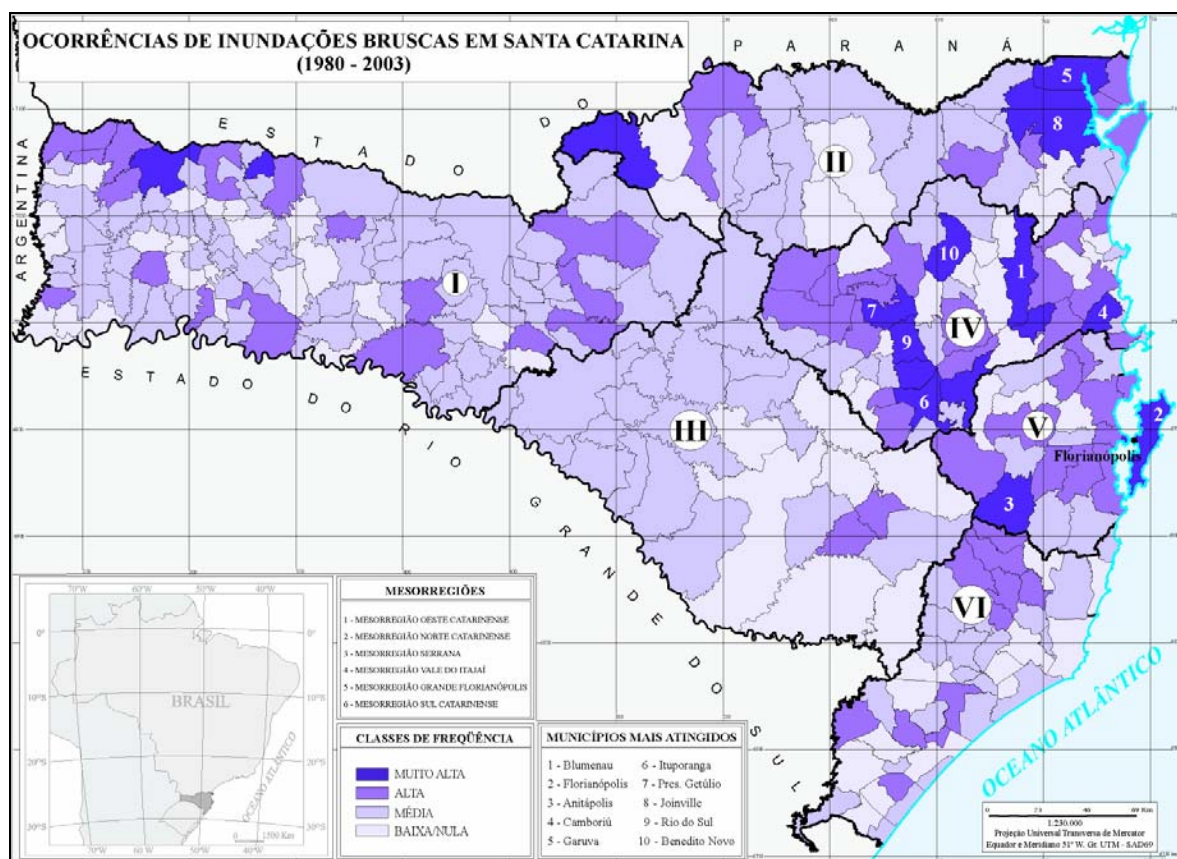



Figura 1 – Distribuição espacial das ocorrências de inundações bruscas em Santa Catarina – período 1980 a 2003.

No Quadro 1, observa-se que estas regiões possuem características físicas semelhantes, ou seja, a maior parte é montanhosa, com elevadas taxas anuais de umidade e precipitação. Doswell (1997) comenta que a presença de elevadas taxas de umidade em áreas de relevo montanhoso fornece condições propícias para a formação de tempestades convectivas. Monteiro (2001) cita que, nas áreas mais próximas às encostas das montanhas, as precipitações são mais abundantes devido à elevação do ar quente e úmido que favorece a formação de nuvens cumuliformes, resultando em precipitações intensas e de curta duração (chuvas orográficas).

Além do mais, segundo Georgakakos (1986), os terrenos íngremes, principalmente com pouca ou sem cobertura vegetal, contribuem significativamente para acelerar o fluxo d'água encosta abaixo, o que resulta em uma parede ou onda de água que causa grande destruição e perdas de vidas nas comunidades localizadas nas encostas, próximas a cursos d'água perenes e/ou intermitentes, e a juzante, nas planícies de inundação.

Quadro 1 – Característica físicas das principais mesorregiões catarinenses.

Mesorregião	Relevo predominante	Umidade Relativa Média Anual (%)	Precipitação Média Anual (mm)
Oeste Catarinense[1]	80% forte-ondulado e montanhoso	75 a 85	2000 a 2400
Norte Catarinense[2]	79% forte-ondulado e montanhoso	80 a 90	2000 a 2400
Vale do Itajaí	66% montanhoso, forte-ondulado e ondulado	75 a 85	1500 a 2000
Grande Florianópolis	66% forte-ondulado e montanhoso	75 a 85	1400 a 1800

[1] Relativo à porção norte do extremo oeste catarinense; [2] Relativo à porção leste do norte catarinense.

Fonte: Santa Catarina (1991; 1997).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em Santa Catarina as inundações bruscas já causaram sérios danos e prejuízos, principalmente a partir da década de 90 com a intensificação do processo de urbanização. A maior freqüência foi registrada no verão, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro devido às fortes convecções tropicais. Com relação à distribuição espacial, foram registrados os maiores índices nos municípios localizados na vertente atlântica, que são áreas montanhosas, com elevadas temperaturas e taxas de umidade, condições estas que favorecem a formação de tempestades convectivas isoladas (chuvas orográficas). Desta forma, a maior freqüência de inundações bruscas está associada principalmente às fortes e concentradas chuvas em relevos montanhosos.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho contou com o apoio e auxílio da Diretoria Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina – DEDC/SC e do Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres – CEPED da UFSC.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil:** estudos de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO, Departamento de Defesa Civil, 1998. 283 p.

CHOUDHURY, N. Y.; PAUL, A.; PAUL, B. K. Impact of costal embankment on the flash flood in Bangladesh: a case study. **Applied Geography**, 2004. (In Press).

DOSWELL, C. A. Flash flood – producing convective storms: current understanding and research. In: U.S. – Spain Workshop on Natural Hazards, 1993, Barcelona. **Proceedings...**

Iowa: University of Iowa, 1994. p. 97-107. <http://www.cimms.ou.edu/~doswell/barcelona/Barcelona_Rain.html>

GAUME, E.; LIVET, M.; DESBORDES, M.; VILLENEUVE, J. P. Hydrological analysis of the river Aude, France, flash flood on 12 and 13 November 1999. **Journal of Hydrology**, 286, 2004. p. 135-154.

GEORGAKAKOS, K. P. On the design of natural, real-time warning systems with capability for site-specific, flash-flood forecast. **Bulletin American Meteorological Society**, v. 67, n. 10, 1986. p. 1233-1239.

GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Segurança Pública e Defesa do Cidadão. Departamento Estadual de Defesa Civil. **Capacitação em Defesa Civil**: prevenção e redução de desastres. Blumenau: Nova Letra Gráfica e Editora, 2003. 125 p.

HERRMANN, M. L. P. **Levantamento dos desastres naturais ocorridos em Santa Catarina no período de 1980 a 2000**. Florianópolis: IOESC, 2001. 89 p.

KÖMÜSÇÜ, A. Ü; ERKAN, A.; ÇELIK, S. Analysis of meteorological and terrain features leading to the Izmir flash flood, 3-4 November 1995. **Natural Hazards**, 18, 1998. p. 1-25.

MARCELINO, I. P. V. O. **Análise de episódios de tornados em Santa Catarina**: caracterização sinótica e mineração de dados. São José dos Campos. 214 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, v. 16, n. 31, 2001. p. 69-78.

MONTEIRO, M. A.; FURTADO, S. M. A. O clima do trecho Florianópolis – Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. **Geosul**, v. 10, n. 19/20, 1995. p. 117-133.

MONTZ, B. E.; GRUNTFEST, E. Flash flood mitigation: recommendations for research and applications. **Environmental Hazards**, 4, 2002. p. 15-22.

PERRY, C. A. Significant floods in the United States during the 20th century: USGS measures a century of floods. **USGS Fact Sheet 024-00**, 2000. 4 p. <http://ks.water.usgs.gov/ Kansas/pubs/ fact-sheets/fs.024-00.pdf>

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. **Atlas escolar de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1991. 96 p.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Bacias hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral**. Florianópolis: SDM, 1997. 163 p.

WHITEHOUSE, G.; BURTON, J. R. Water Hazards, Resources and Management for Disaster Prevention: A Review of the Asian Conditions. In: **IDNDR-ESCAP Regional**

Meeting for Asia: Risk Reduction & Society in the 21st Century, Bangkok, 23-26 February 1999 <http://www.unescap.org/enrd/water_mineral/disaster/watdis1.htm>

ZARBATTO, S. Tubarão não esquece a enchente de 1974: hoje completam 30 anos da tragédia que marcou a cidade pelo saldo de destruição e mortes. **Jornal A Notícia**, 24/03/2004.

REPERCUSSÕES DE UM EVENTO PLUVIOMÉTRICO INTENSO ASSOCIADO À MARÉ DE TEMPESTADE E DE SIZÍGIA NA COSTA SUL CATARINENSE

FREDERICO DE MORAES RUDORFF[1, 2]
DAVIS ANDERSON MORENO[1]
EDSON FOSSATTI GONÇALVES[1]
LETICIA LUIZA PENTEADO BRAZETTI[1]
GUSTAVO SOUTO MOLLERI[1,2]
JARBAS BONETTI[2]

[1]LabClima – Laboratório de Climatologia Aplicada
[2]LOC - Laboratório de Oceanografia Costeira
Departamento de Geociências, CFH, UFSC
CEP 476 - 88.040-900 – Florianópolis-SC, Brasil
gedn@grupos.com.br

RUDORFF, F. M.; MORENO, D. A.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; MOLLERI, G. S.; BONETTI, J. Repercussões de um evento pluviométrico intenso associado à maré de tempestade e de sizígia na costa sul catarinense. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 565-575. (CD-ROM)

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar as características das inundações fluviais ocorridas entre os dias 04 e 07 de maio de 2004 na região sul catarinense, bem como suas repercussões sócio-econômicas. A ação conjunta da precipitação intensa e marés de tempestade e maré de sizígia em uma planície costeira foram determinantes na ocorrência das inundações em diversos municípios das bacias dos rios Araranguá e Urussanga. Nos municípios de Araranguá, Morro da Fumaça, Forquilhinha e Bal. Arroio do Silva foram registrados os maiores números de desabrigados e desalojados. Todavia, os maiores prejuízos ocorreram em Içara (R$4.044.000,00), principalmente na agricultura devido às perdas com milho e feijão. O total de desabrigados, desalojados e deslocados na área atingida foi de 526, 541 e 502, respectivamente.
Palavras-chave: inundações fluviais, maré de tempestade, maré de sizígia, desastres naturais.

CONSEQUENCES OF AN INTENSE RAINFALL EVENT WITH STORM SURGE AND SPRING TIDE AT THE SOUTHERN COAST OF SANTA CATARINA – BRAZIL

ABSTRACT

This work aimed to analyze the characteristics of a riverine flood that occurred between May 04th and 07th of 2004 at the southern coast of Santa Catarina State and to assess the damages caused by the event. The floods were caused by the combined effect of continuous moderate to heavy rainfall, storm surge and spring tides at a low slope coastal plain. Araranguá, Morro da Fumaça, Forquilhinha and Bal. Arroio do Silva counties registered the greatest numbers of homeless and unsheltered people. However, the greatest losses occurred on Içara county (US$1.292.384,39) mainly due to the failure of corn and bean cultures. The total number of people homeless, unsheltered, and displaced was 526, 541, and 502, respectably.
Key-words: riverine floods; storm surge; spring tide; natural disaster.

1. INTRODUÇÃO

O Estado de Santa Catarina é freqüentemente atingido por adversidades climáticas que causam desastres naturais severos, como inundações, vendavais, escorregamentos, etc. (Herrmann, 2001).

Na zona costeira alguns tipos de desastres, como as inundações, apresentam uma dinâmica própria. Nas áreas longe da influência costeira este fenômeno ocorre quando a

capacidade de escoamento e infiltração do solo é excedida em períodos de precipitação intensa e/ou prolongada (Smith, 2000). Na zona costeira, além destes fatores, as inundações também podem ser influenciadas por marés astronômicas e de tempestade (ressaca) que atuam como uma "barragem" ao escoamento à jusante do rio (Melo, 2002).

Na região sul do Brasil, frentes frias extremas e ciclones extratropicais freqüentemente estão associadas a precipitações intensas, ventos fortes, maré de tempestade e ondas altas (Calliari e Pereira da Silva, 1998; Barletta, 2000; Klein et al., 2002; Araújo et al. 2003). As marés de tempestades ocorrem devido aos fortes e persistentes ventos do quadrante sul que empilham água na costa durante a passagem de frentes frias e ciclones extratropicais.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar as características das inundações fluviais ocorridas entre os dias 04 e 07 de maio de 2004 na região sul catarinense, bem como suas repercussões sócio-econômicas.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na planície costeira das bacias hidrográficas dos rios Araranguá e Urussanga que compõem, junto com a bacia do rio Mampituba, a Região Hidrográfica do Extremo Sul do Estado (Figura 1) (Santa Catarina, 1997). O único município que não se enquadra nestas bacias é Arroio do Silva que encontra-se parte na bacia do rio Mampituba e outra parte corresponde a diversos arroios que deságuam diretamente no mar.

As nascentes dos principais rios das bacias dos rios Araranguá e Urussanga encontram-se junto à Serra Geral ou próximo à mesma. Após percorrer toda a planície costeira, que varia de 40 a 70 km de largura, os rios deságuam no oceano.
Esta planície corresponde a terrenos relativamente planos, com altitudes em torno de 10 metros, compostos por depósitos típicos de sistema laguna-barreira, englobando uma série de depósitos lagunares, deltáicos, paludiais, praiais, marinhos e eólicos, acumulados no Pleistoceno Superior e Holoceno (Caruso Júnior, 1997).

A bacia do rio Araranguá drena uma área de 3,020 km^2, cobrindo 11 municípios dos quais destaca-se Criciúma e Araranguá (Santa Catarina, 1997). Os municípios que foram atingidos pelas inundações nesta bacia foram Araranguá e Balneário Arroio do Silva.

A bacia do rio Urussanga é a menor da região, drenando uma área de 580 km^2 (Santa Catarina, 1997). Os municípios atingidos na bacia do rio Urussanga foram Morro da Fumaça.

O município de Içara também foi atingido pelas inundações, sendo que parte do seu território pertence pela bacia do rio Araranguá e outra parte pela bacia do rio Urussanga.

Figura 1 – Bacias hidrográficas dos rios Araranguá e Urussanga.

3. METODOLOGIA

Para a análise da tempestade foram utilizados dados meteorológicos convencionais, dados hidrológicos e oceanográficos. Os dados de precipitação foram adquiridos junto ao Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos de Santa Catarina (Epagri/Climerh)

para a cidade de Urussanga, na bacia do rio Urussanga, e algumas cidades da bacia do rio Araranguá. Dados hidrológicos das cotas do nível do rio Araranguá foram obtidos junto ao Corpo de Bombeiros de Araranguá. Os dados de maré foram obtidos a partir da previsão numérica do Departamento de Hidrografia e Navegação (DHN)[1] da Marinha do Brasil, e as condições do estado do mar e do vento foram obtidas a partir do modelo de previsão de ondas do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)[2] do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Também foi realizado um trabalho de campo visando coletar informações sobre as condições do tempo, da situação dos municípios atingidos pelas inundações e georreferenciar os pontos de alagamento com um GPS (*Global Positioning System*) a fim de espacializá-los em uma composição colorida 543 (RGB) do sensor ETM^+ do satélite Landsat-7.

A fim de identificar e comparar os danos e prejuízos, bem como a área de abrangência do evento, utilizou-se os dados do relatório de Avaliação de Danos (AVADAN) que são enviados pelos municípios afetados para o Departamento Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina (DEDC-SC).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Caracterização das precipitações e das condições oceanográficas

Entre os dias 04 e 07 de maio de 2004, uma frente fria gerou ventos moderados a fortes e chuvas intensas e contínuas na zona costeira sul catarinense. As chuvas ocasionadas por este sistema atmosférico, em quatro dias na bacia do rio Araranguá, foram superiores a média da precipitação do mês de maio, ou seja, em 4 dias choveu mais do que a normal de 30 dias (Figura 2). Todos estes municípios registraram chuva acima da média, com destaque para o município de Içara que registrou mais de 350 mm de precipitação acumulada, correspondendo a 280% acima da média mensal.

A Figura 3 apresenta a precipitação acumulada dos dias 04 à 09/05 no município de Urussanga, que registrou um acúmulo de 222,4 mm, neste período. Os dias com os maiores índices de precipitação foram 05 e 06/05, onde foram registrados cerca de 60 mm de precipitação diária.

Quanto às condições oceanográficas, além da maré de sizígia que estava atuando desde o dia 04/05 (lua cheia), ventos moderados a fortes do quadrante sul provocaram uma

[1] www.dhn.mar.mil.br
[2] www.cpetec.inpe.br

maré de tempestade, elevando ainda mais o nível do mar (Figura 4). Estes ventos provocaram forte agitação marítima, gerando ondas de 2,5 a 3,5 m, conforme previsto pelo modelo do CPTEC/INPE do dia 06/05. No dia 07/05 estava formando-se um centro de baixa pressão associado à geração de um ciclone extratropical. Todavia, os ventos do quadrante sul estavam fracos, o que causou a diminuição da maré de tempestade. No dia 08/05 o ciclone extratropical deslocou-se para o oceano e as chuvas diminuíram.

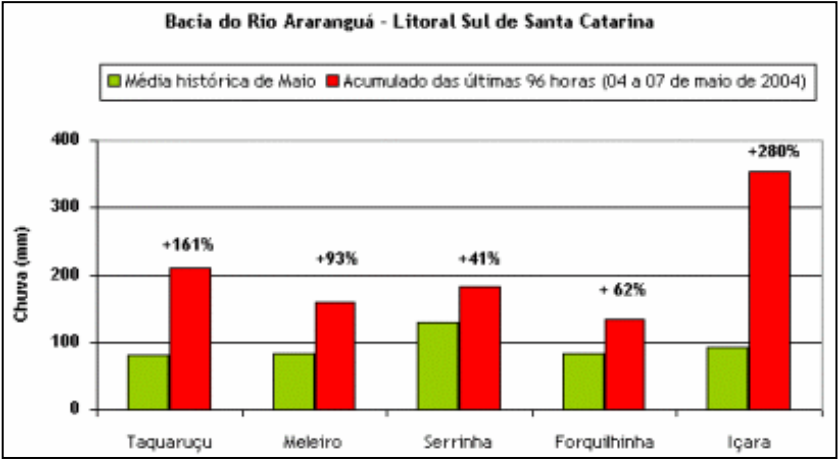



Figura 2 – Média histórica do mês de maio e chuva acumulada (96 h) para algumas localidades da bacia do rio Araranguá.

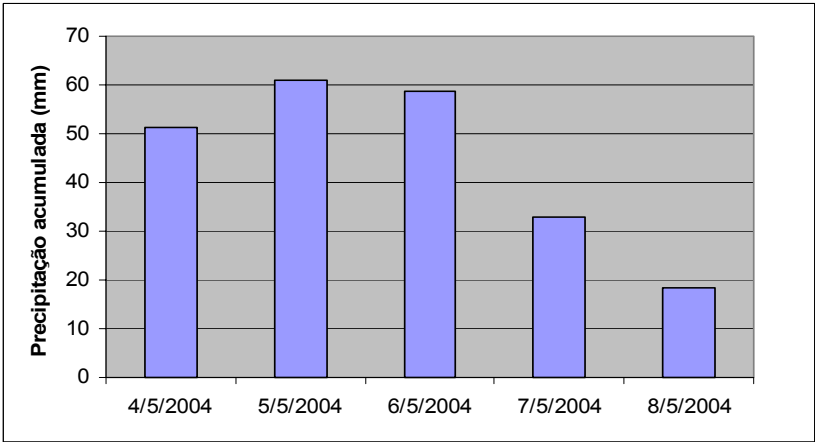



Figura 3 – Precipitação diária acumulada em Urussanga – SC.

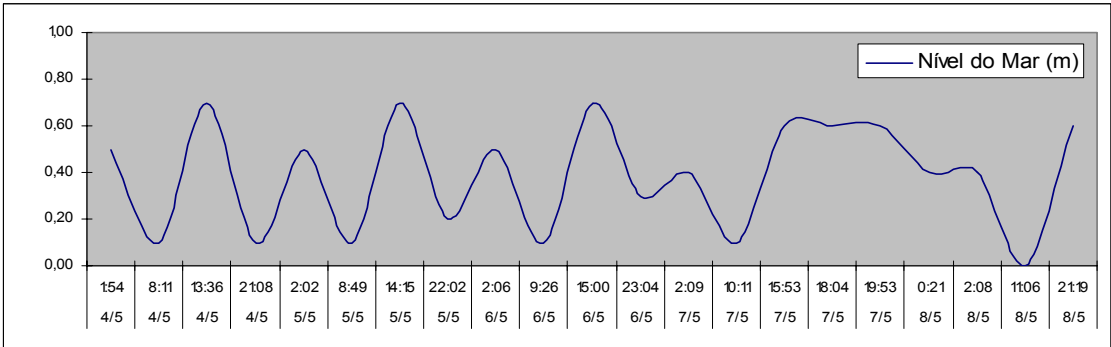



Figura 4 – Variação da maré prevista para o Porto de Imbituba entre os dias 04 e 08/05/04.

4.2. Análise das inundações e seus impactos sócio-econômicos

Os pontos de inundações que foram visitados durante a checagem de campo estão representados na Figura 5, sendo que suas características estão descritas no Quadro 1. Nos itens que seguem é apresentada uma análise das inundações e seus impactos sócio-econômicos nos municípios atingidos.

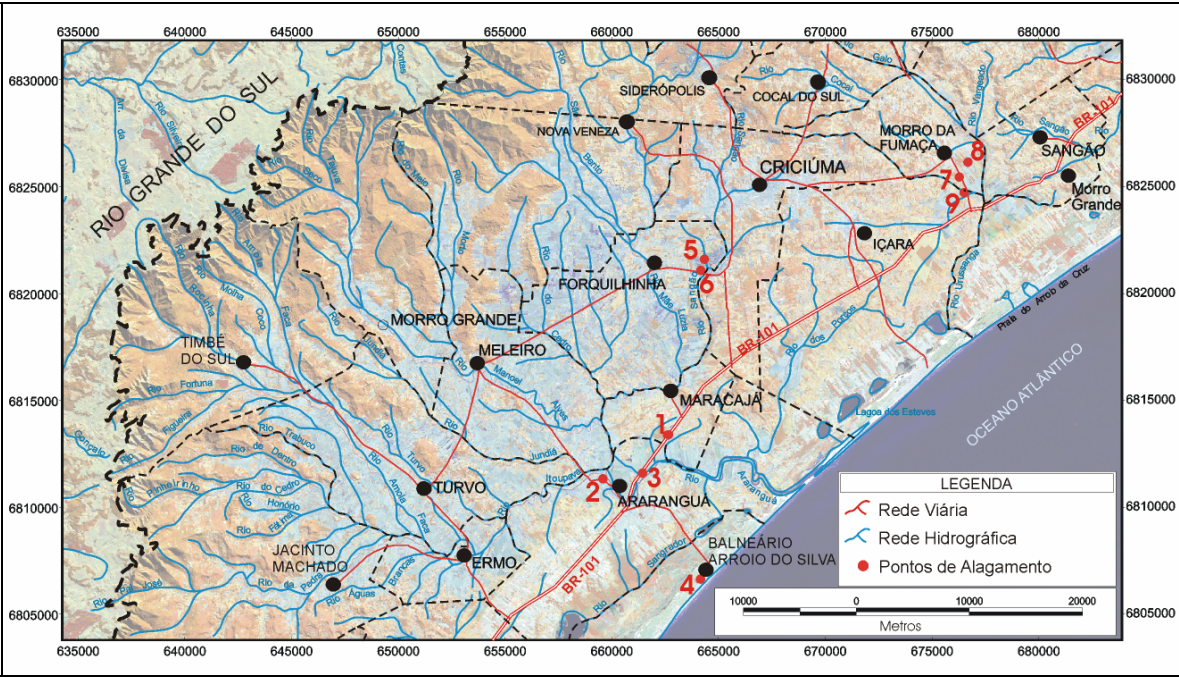



Figura 5 – Mapa dos pontos inundados das bacias dos rios Urussanga e Araranguá.

Quadro 1 – Características dos pontos de inundação visitados.

Ponto	Município	Características
1	Maracajá	Inundação na BR-101.
2	Araranguá	Inundação dos arrozais e parcial da estrada.
3	Araranguá	Margem do rio Araranguá (Ponte Pencil), inundação nos bairros Barranca e Baixadinha.
4	Bal. Arroio do Silva	Inundação nas ruas próximas à praia.
5	Forquilhinha	As margens do rio Sangão, limite da inundação no bairro Nova York.
6	Forquilhinha	Casas inundadas e ruas interditadas.
7	Morro da Fumaça	Arrozais totalmente inundados, casas com água na altura da janela.
8	Morro da Fumaça	Próximo às olarias, ruas interditadas pela água e casas inundadas.
9	Içara	Próximo à divisa com o município de Morro da Fumaça, ponte sobre o rio Ronco D'água. Arrozais inundados em ambos os lados da SC-405.

a) Araranguá

As áreas mais afetadas pelas inundações foram os bairros Barranca (Figura 6a) e Baixadinha (Figura 6b), com aproximadamente 470 e 100 casas atingidas, respectivamente. As casas destes bairros foram afetadas quando a cota do rio ultrapassou 2,60 m, sendo que ela só baixou deste nível no dia 07/05 às 12:00 h (Tabela 1)[3].

No total 112 famílias ficaram desabrigadas e desalojadas. As famílias atingidas foram alojadas nos ginásios de esporte localizados em áreas seguras no município. Em virtude das freqüentes inundações, a Comissão Municipal de Defesa Civil (COMDEC) apresenta-se bem organizada quanto ao processo de evacuação das famílias que normalmente são atingidas.

Tabela 1 – Cotas do rio Araranguá coletadas no dia 06/05/04.

Dia	Horário	Cota (m)
06/05/04	08:30	2,76
06/05/04	11:15	2,81
06/05/04	14:07	2,88
06/05/04	19:00	2,91
06/05/04	23:00	2,98
07/05/04	02:30	3,00
07/05/04	08:00	2,75
07/05/04	12:00	2,60
07/05/04	15:53	2,45

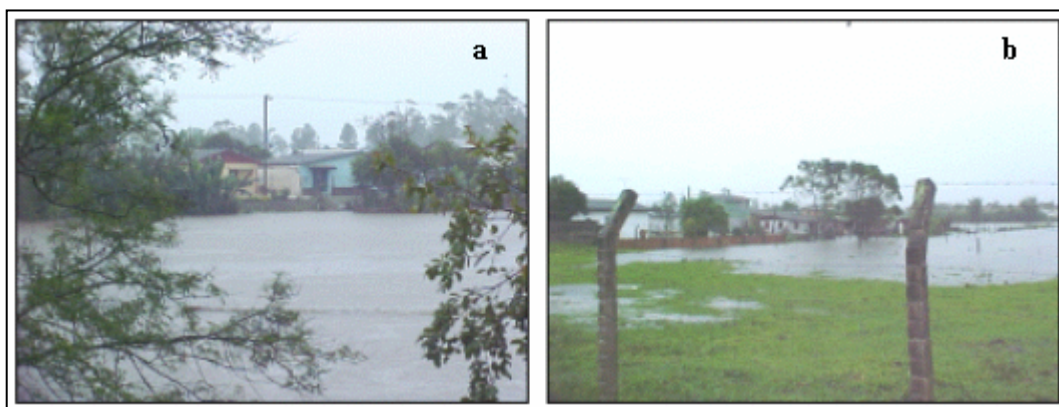



Figura 6 – Inundações nos bairros Barranca (a) e Baixadinha (b).
Fonte: GEDN, 07/05/04.

Segundo dados do AVADAN, em Araranguá o número de desabrigados, desalojados e afetados foi de 175, 266 e 441, respectivamente. Quanto aos prejuízos econômicos e materiais os valores alcançaram R$ 948.000,00 (Quadro 2).

[3]Informações obtidas com o presidente da COMDEC, Cel. Aliatar Silveira Filho

Quadro 2 – Prejuízos em Araranguá.

Prejuízos Econômicos	mil R$
Residência popular	200
Estradas	20
Vias urbanas	7
Outras vias	7
Comerciais	12
Agricultura	673
Pecuária	5
Abastecimento de água	18
Estação de tratamento	6
Total	**948**

b) Bal. Arroio do Silva

Neste município houve inundação de muitas ruas, o que não permitiu a passagem de automóveis em alguns trechos, principalmente nas ruas mais próximas à praia. No dia 07/05 a maré de tempestade já havia diminuído, entretanto, o mar havia atingido as dunas e calçadas. Segundo dados do AVADAN o município teve um prejuízo de R$ 1.105.000,00, além de 150 pessoas desabrigadas e 150 desalojadas.

c) Forquilhinha

No município de Forquilhinha, o bairro Novo York foi o mais afetado. O momento mais crítico da inundação ocorreu na quarta-feira (05/05) às 18:00 h, sendo que o nível do rio começou a baixar a partir de quinta-feira (06/05). Neste município foram registradas 130 pessoas desalojadas, 50 desabrigadas, 30 deslocadas e 2 mortos. No total os prejuízos econômicos somaram R$ 198.654,00 (Quadro 3).

Quadro 3 – Prejuízos do município em Forquilhinha

Prejuízos Econômicos	mil R$
Residências populares	21
Outras residências	18
Infra-estrutura pública	71
Infra-estrutura rural	16
Infra-estrutura comercial	18
Agricultura	13
Pecuária (avicultura)	26
Serviços (comércio)	17
Total	**199**

d) Içara

De acordo com dados do AVADAN houve 32 pessoas desalojadas e 22 deslocadas. Apesar do baixo número de famílias atingidas este município foi o que teve maior prejuízo

com a inundação. As principais perdas foram na agricultura, ou seja, 70% de toda produção de feijão e milho do município foi perdida. Conseqüentemente, os prejuízos na agricultura foram de R$ 3.165.000,00. Enquanto que, os danos materiais na infra-estrutura pública somaram R$ 879.000,00.

e) Morro da Fumaça

Os bairros mais atingidos foram Capelinha e Picada Paladine, onde diversas ruas, olarias e casas foram alagadas, deixando aproximadamente 200 pessoas afetadas e 166 desabrigados. Ressalta-se que nestes bairros a água chegou nas janelas de muitas casas.
O rio Urussanga atingiu o seu nível mais elevado às 9:00 h do dia 07/05/04 (sexta-feira) e começou a baixar na manhã do dia 07/05/2004, coincidindo com o a diminuição das chuvas[4]. Os prejuízos apresentados no AVADAN somaram R$ 925.270,00 (Quadro 4).

Quadro 4 - Prejuízos em Morro da Fumaça.

Prejuízos Econômicos	mil R$
Residências	132
Estradas	210
Industriais	300
Agricultura	240
Saúde	18
Educação	26
Total	**925**

f) Maracajá

Neste município os danos não foram significativos. Todavia, houve a interdição do tráfego de automóveis em um trecho da BR-101. Este local geralmente é inundado quando a cota do rio Araranguá ultrapassa a cota de 2,48 m. O trafego ficou liberado na tarde do dia 06/05, quando a cota do rio Araranguá ficou abaixo dos 2,5 m.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As chuvas intensas ocorridas entre os dias 04 e 07/05, associadas às marés de tempestade e de sizígia, provocaram inundações em diversos municípios localizados na planície costeira das bacias hidrográficas dos rios Araranguá e Urussanga. A diminuição das intensidades das chuvas e maré de tempestade no dia 07/05 foi determinante para que os níveis dos rios começassem a baixar a partir deste dia. Os municípios que tiveram os maiores números de desalojados e desabrigados foram Araranguá, Morro da Fumaça,

[4] Informações obtidas com o prefeito do Município Morro da Fumaça, Claudionor de Vasconcelos.

Forquilhinha e Arroio do Silva. Nas duas bacias foi registrado um total de 526 desabrigados, 541 desalojados e 502 deslocados.

Apesar de ter apresentado o menor número de pessoas desabrigadas, Içara foi o município que apresentou as maiores perdas econômicas, principalmente na agricultura.

Compreender melhor a interação destes fenômenos em inundações fluviais é de grande importância para a previsão, gerenciamento e mitigação de desastres naturais. Dada a complexidade dos processos envolvidos deve-se investir em estudos baseados em dados quantitativos. Todavia, a dificuldade na aquisição de dados e falta de instrumental adequado ainda são barreiras na realização de estudos desta natureza.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento Estadual de Defesa Civil do Estado de Santa Catarina (DEDC-SC) pelo apoio e auxílio prestado para a realização do presente trabalho; à Epagri/Climerh pelo fornecimento dos dados de precipitação em Urussanga; e ao Grupo de Estudos de Desastres Naturais (GEDN) pelas valiosas contribuições.

7. BIBLIOGRAFIA

ARAUJO, C. E. S.; FRANCO, D.; MELO, E.; PIMENTA, F. Wave regime characteristics of the Southern Brazilian Coast. In: Sixth International Conference on Coastal and Port Engineering to Developing Countries, COPEDEC, 6., 2003 . **Proceedings...** Colombo, Sri Lanka: COPEDEC, 2003. 15 p.

BARLETTA, R. C. **Efeito da interação oceano-atmosfera sobre a morfodinâmica das praias do litoral central do Rio Grande do Sul, Brasil.** Rio Grande. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande, 2000.

CALLIARI, L. J.; SILVA, R. P. Erosion processes associated to storm surge and washout along the South Brazillian Coastline. In: International Coastal Symposium, ICS, 26., 1998. **Proceedings...** Fort Launderdale, FL: ICS Press: Journal of Coatal Research, 2000. p. 1-7.

CARUSO JUNIOR., F. **Mapa Geológico da Região Sul de Santa Catarina.** Itajaí: UNIVALI/OSNLR/UFRJ, 1997. (Mapa Geológico, escala 1:100.000).

HERRMANN, M. L. P. **Levantamento dos Desastres Naturais causados pelas adversidades climáticas do Estado de Santa Catarina, período de 1980 a 2000.** Florianópolis: IOESC, 2001. 92p.

KLEIN, A. H. F.; DIHEL, F. L.; RIBEIRO JÚNIOR, O.; BENEDET FILHO, L. O litoral de Santa Catarina e a ocupação desordenada das suas praias. **Gerenciamento Costeiro Integrado**, v.1, n.2, p. 6-7, 2002.

MELO, E. F. Marés Fluviais. Parte 1: Teoria. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 135-145, 2002.

SMITH, K. **Environmental hazards:** assessing risk. Florence: Routlege, 2000, 420 p.

A RELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR NA VARIABILIDADE INTERANUAL E INTRASAZONAL DE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NOS TRÓPICOS E SUBTRÓPICOS DO BRASIL DURANTE O VERÃO AUSTRAL

MICHEL NOBRE MUZA[1]
LEILA MARIA VÉSPOLI DE CARVALHO[1]

[1]Departamento de Ciências Atmosféricas
Universidade de São Paulo – IAG/USP
Rua do Matão, 1226. Cidade Universitária. 05508-900 – São Paulo – SP
michelnm@model.iag.usp.br

MUZA, M. N.; CARVALHO, L. M. V. A relação entre a temperatura da superfície do mar na variabilidade interanual e intrasazonal de eventos extremos de precipitação nos trópicos e subtrópicos do Brasil durante o verão austral. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 576-590. (CD-ROM)

RESUMO

A ocorrência de eventos extremos de precipitação nas escalas temporais intrasazonal e interanual é investigada em regiões de atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul durante o verão austral. Estimativas de pêntadas de precipitação baseadas em medidas de satélites e estações de superfície, e reanálise de temperatura da superfície do mar (TSM), ambos de 1979 a 2002, são utilizados nesse estudo. Foram escolhidas sub-regiões com 10ºx10º de latitude-longitude e 2.5º de resolução espacial localizadas em áreas sobre os trópicos e subtrópicos. Foi considerado como contribuição da variabilidade interanual e intrasazonal tanto extremos de chuva quanto de supressão da mesma. O critério para a seleção de ocorrência de extremos baseou-se nos quartis da distribuição de freqüências da precipitação em cada ponto de grade. Mostra-se que em algumas regiões extremos de precipitação e secas na escala interanual estão associados a episódios El Niño-Oscilação Sul. Por outro lado, a ocorrência de extremos na escala intrasazonal está mais relacionada a padrões de TSM global na escala intrasazonal.

Palavras-chave: El Niño, La Nina, ZCAS.

ABSTRACT

The occurrences of extreme precipitation on intraseasonal to interannual timescales are investigated in regions under influence of the South Atlantic convergence zone during the austral summer. Pentad precipitation based on gauge observations and satellite estimates from 1979 to 2002 are used to identify extremes. Global sea surface temperature data with equal period was used too. Regions with size 10ºx10º latitude-longitude and 2.5º spatial resolution over the tropics and subtropics are chosen to investigate extreme precipitation. Precipitation time-series are decomposed into intraseasonal and interannual timescales signals and extremes wet and dry conditions are analyzed in each signal separately. Extreme rainfall and drought are then determined based on the quartiles of the seasonal rainfall distribution on each timescale. We show that in some regions extreme precipitation and drought on interannual timescale are modulated by El Niño-Southern Oscillation phases. On the other hand, extremes precipitation on intraseasonal timescales, mostly related to the Madden-Julian Oscillation, show a clear relationship with sea surface temperature variability on intraseasonal timescale.

Key-words: El Niño, La Niña, ZCAS.

1. INTRODUÇÃO

Uma característica marcante no verão da América do Sul (AS) é a típica presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A circulação de grande escala associada a ZCAS está relacionada ao aquecimento e topografia continental, além da conexão com a oscilação intrasazonal tropical (p.ex.,Nogués-Paegle e Mo, 1997). A ZCAS pode ser

definida como uma região de alta variabilidade de atividade convectiva (p.ex., Liebmann et al, 1999; Carvalho et al, 2004).

Liebmann et al (1999) encontraram que o posicionamento da ZCAS está associado a um guia de onda de Rossby que age como fonte e sumidouro de aquecimento adiabático. Observaram também que a atividade de propagação preferencial de onda de médias latitudes para a região da ZCAS parece realmente ser o fator determinante para a localização e até mesmo para a aparente periodicidade da convecção. Outro possível fator é a disponibilidade de umidade, que também mostra-se importante na formação da ZCAS, que ocorre quando o fluxo de noroeste está relacionado ao cavado em baixos níveis, conectando a umidade da Bacia Amazônica ao subtrópicos. Nogués-Paegle e Mo (1997) ressaltam que o suprimento de umidade não depende da ocorrência de convecção, mas somente da disponibilidade da mesma em baixos níveis. Grimm et al (2000) revelaram que a leste da Cordilheira dos Andes há somente duas possíveis fontes de vapor d'água no sul da AS, que são o Oceano Atlântico e a floresta tropical da Amazônia. Isso tem um importante efeito no ciclo anual de precipitação de algumas regiões. Na parte central da AS um pronunciado ciclo anual com um máximo no verão prevalece, quando ambas fontes de vapor d'água, mais o aquecimento na superfície e a advecção de norte favorecem a convecção.

A aparente periodicidade da intensificação ou supressão da convecção na ZCAS tem sido motivo de estudos que identificaram uma gangorra norte-sul em sua banda de precipitação (Nogués-Paegle e Mo, 1997; Carvalho et al, 2004). A intensificação da convecção no sul do Brasil ocorre somente quando a ZCAS está fraca. O deslocamento da alta subtropical no Atlântico Sul é considerado a principal característica para a manifestação da gangorra (Nogués-Paegle e Mo, 1997; Grimm et al, 2000). Nogués-Paegle e Mo filtraram dados diários de radiação de onda longa emergente para reter uma larga banda de variações na escala de 10-90 dias, e analisaram composições defasadas com o realce ou supressão de convecção sobre a ZCAS, com a finalidade de identificar a escala de tempo no padrão de gangorra. O resultado foi um período de 10 dias entre uma fase e a outra, sendo a magnitude da convecção associada às oscilações intrasazonais.

As variações intrasazonais no verão austral modulam as principais zonas de convergência do Hemisfério Sul e têm sido associadas com as oscilações de 30-60 dias (Madden-Julian). A escala intrasazonal mostra um forte sinal entre as freqüências menores sendo, portanto, uma característica marcante das variáveis meteorológicas. A Oscilação de Madden-Julian (OMJ) manifesta-se como uma célula de grande escala, com propagação

zonal para leste na faixa tropical. Weikmann et al. (1985) explica que seu deslocamento apresenta-se fora de fase entre o leste do Oceano Índico e a parte central do Oceano Pacífico, e também entre o oeste do Pacífico e a AS. Essa convecção é sempre acompanhada da alta subtropical em ambos os hemisférios entre o leste do Índico e o oeste do Pacífico, e um par de ciclones corrente abaixo, na parte central e no leste do Pacífico. Quando o sinal convectivo está no Pacífico central, a alta subtropical no oeste da AS intensifica-se e transfere energia para o jato subtropical em altos níveis. Essa oscilação pode ser detectada como um disparo da convecção entre o leste do Índico e o oeste do Pacífico, sendo mais forte no hemisfério onde está ocorrendo o verão (Jones et al, 2004).

Um outro mecanismo que modula a precipitação juntamente com a escala intrasazonal é o fenômeno El Niño/Oscilação Sul (ENOS). Muitos estudos (p.ex. Ropelewski e Halpert, 1987; Trenberth et al, 1998) documentam o aumento (diminuição) da precipitação no norte (sul) da AS durante evento La Niña (a partir de agora referido como LN), e condições oposta durante El Niño (EN). No sudeste do Brasil a intensificação do jato subtropical para oeste do Atlântico sul tem sido observada em precipitações extremas ocorridas durante episódios ENOS (Carvalho et al, 2002).

Durante o verão austral o impacto desses eventos no leste da AS é maior do que o observado no sul, onde o impacto é maior na primavera (Grimm et al, 2000; Grimm, 2003). Segundo os autores, durante evento EN o fluxo de leste próximo à superfície é intensificado sobre o Uruguai e a parte central da Argentina, devido ao deslocamento para o sul da alta do Oceano Atlântico, compensando o enfraquecimento da advecção de umidade de norte nessa região. No fim do verão, as anomalias chuvosas intensificam-se novamente, observando-se o retorno das condições semelhantes a primavera, sem a mesma magnitude. Também há a intensificação da advecção de umidade de norte nessa região. Eventos extremos de precipitação são relacionados a distúrbios transientes com escala espacial menor do que padrões de circulação de larga escala. Esses distúrbios transientes são transportados pelo escoamento de oeste, contribuindo para anomalias sazonais e sendo modulados pela baixa freqüência em grande escala causada pelos eventos ENOS.

O objetivo desde trabalho é selecionar e documentar as ocorrências de extremos de precipitação nas escalas de tempo intrasazonal e interanual. Nas análises pode-se observar o comportamento dessas ocorrências de um verão paro outro, principalmente na região da ZCAS e sul do Brasil. Posteriormente, nós estamos interessados em associar esses eventos extremos à variabilidade intrasazonal e interanual da TSM.

2. DADOS E METODOLOGIA

Os dados meteorológicos utilizados são as análises de pêntadas (média de 5 dias) de precipitação construídas pelo Projeto Climatológico de Precipitação Global (Global Precipitation Climatology Project – GPCP) a partir de conjuntos de dados baseados em estimativas de satélite e de medidas de estações de superfície (Xie et al, 2003). Os dados são criados com resolução de 2.5º de latitude/longitude e abrangem latitudinalmente de 60º S a 60º N e longitudinalmente todo o globo. O período considerado é 1979 a 2002, somando um total de 1752 pêntadas. Xie et al (2003) calcularam a correlação das pêntadas GPCP com observações no Brasil, encontrando concordância em níveis significativos na Região Sudeste e Sul. Os dados perdem qualidade na região da Bacia Amazônica, possivelmente devido a escassez de postos de observação, problema característico dessa região. Em recente estudo Gebremichael et al. (2003) analisaram métodos diferentes de avaliar as estimativas dos dados do GPCP, ressaltando que, com aproximadamente 20 ou mais pontos de coleta o erro é desprezível. Também foram utilizadas medições diárias de reanálise de TSM global com resolução 2.5º de latitude/longitude do centro de Previsão Ambiental para Centros Nacionais (National Centers for Environmental Prediction – NCEP/NCAR). A resolução dos dados foi ajustada para distribuição temporal de pêntadas e espacialmente limitada pela abrangência dos dados de precipitação do GPCP.

O método aplicado inicialmente neste trabalho tem o intuito de filtrar escalas temporais através da transformada rápida de Fourier (Fast Fourier Transform – FFT). A filtragem de dados parte do princípio de atribuição de pesos que permitem uma resposta da banda de interesse. A separação da banda é dada por uma função retangular a qual atribui valor igual a um para as freqüências a que se deseja separar e zero para o restante no domínio de freqüência. A obtenção das transformadas de Fourier discretas consiste do cálculo dos coeficientes para as n/2 funções harmônicas. Por meio desses coeficientes encontra-se a amplitude e a fase. Assim obtem-se uma nova série representada através dos n/2 harmônicos. O cálculo da FFT nada mais é do que calcular seus coeficientes aproveitando a propriedade de ortogonalidade de senos e cossenos, de maneira a não ser necessário efetuar cálculos redundantes. De fato, o método de simples cálculo das transformadas de Fourier discretas é computacionalmente ineficiente, de maneira que a vantagem da FFT nesses cálculos é em termos logarítmicos. Uma completa descrição da FFT e suas aplicações para métodos de filtragem são dadas por Helms (1967). Antes, porém, de calcular a FFT, houve o cuidado de remover a tendência linear através da reta de regressão, porque essa tendência pode ser entendida como uma oscilação de comprimento

infinito, já que cresce ou diminui indefinidamente. Assim, calculou-se a FFT e a seguir determinou-se a função retangular na série transformada, ambas no domínio de freqüência, isto é, variáveis contínuas. Para se obter o domínio do tempo no qual as variáveis da série sejam discretas é necessário calcular a inversa da FFT, como descreve Strang e Nguyen (1996). As freqüências de nosso interesse são a escala intrasazonal (20-90 dias) e a interanual (>370 dias). Em comparação com metodologia utilizando o filtro Lanczos (Duchon, 1979), encontrou-se valores de coeficiente de correlação acima de 0,98 entre os resultados de ambas filtragens para a escala intrasazonal. Para a escala interanual a correlação foi menor em razão de resultados insatisfatórios com o filtro de Lanczos.

Estudo de extremos nas regiões sobre a AS foram analisados tanto com relação a intensificação de chuva, quanto de supressão da mesma. Os dados filtrados na escala intrasazonal e interanual apresentam uma distribuição estatística com média zero e um certo desvio padrão σ e a partir de agora serão chamados de anomalias intrasazonais (AIS) e interanuais (AIA). Para a análise de extremos foram escolhidas "sub-regiões quadrangulares" sobre o globo com 5x5 pontos de grade (25 pixels) localizadas em regiões de interesse do trabalho. Para o critério de seleção de extremos de precipitação, tomam-se as AIS e AIA, ordenam-se os dados a fim de obter os quartis de 25% e 75%. A condição para os extremos de precipitação é de que mais da metade da sub-região selecionada (ou seja, acima de 12 pixels) apresente valores acima (abaixo) do quartil de 75% (25%) em uma contribuição positiva (negativa) para a precipitação. Eventos são atribuídos a persistente ocorrência consecutiva de pêntadas que satisfazem essa condição. Dessa forma foi possível comparar os eventos extremos de precipitação na escala intrasazonal e interanual com a contribuição da AIS e AIA de TSM, respectivamente, através de composições, a fim de identificar os padrões médios relacionados a ambos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A variabilidade espacial de pêntadas de precipitação no verão austral sobre mostra a região tropical relativamente úmida, devido à presença da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), se comparada ao subtrópicos, salvo a extensão para sudeste da ZCAS e Zona de Convergência do Pacífico Sul (ZCPS), separadas pelas regiões secas das altas subtropicais. As regiões desérticas no Hemisfério Sul são localizadas logo à direita desses centros anticiclônicos, pelo simples fato da circulação advectar ar frio sobre essas regiões. Isso ressalta a importância das zonas de convergência para o balanço hídrico principalmente sobre áreas continentais povoadas. A figura 1 mostra que as regiões com

maior variabilidade da precipitação encontram-se exatamente sobre essas zonas de convergência. Sobre a AS há maior variância ao norte da ZCAS, quando essa se associa a ZCIT. Sobre a ZCAS, a maior variância ocorre sobre a região sudeste do Brasil. Há também considerável variância sobre o oceano Atlântico subtropical e sobre o sul do Brasil. A variabilidade na atividade convectiva vista na ZCAS e ao sul é, muitas vezes, denominada como "gangorra".

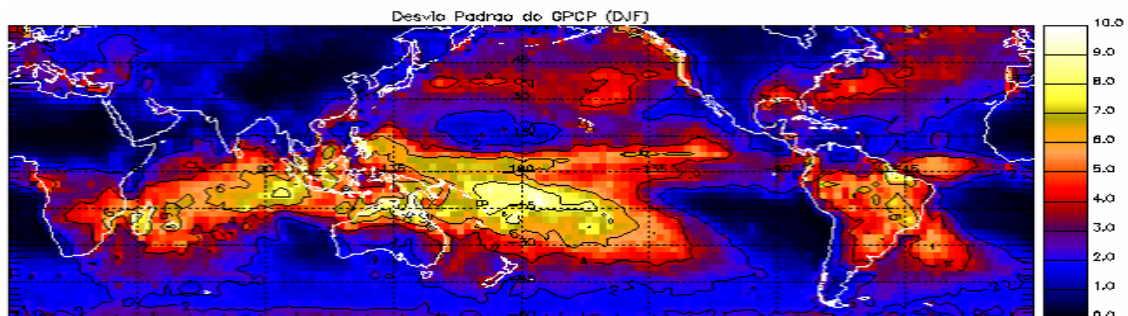



Figura 1. Pêntadas de precipitação (mm/dia) do (a) ciclo anual e semi-anual e o (b) desvio padrão para o verão austral no período de 1979-2002.

A figura 2 mostra os quartis de 75% e 25% das AIA, tendo a localização das sub-regiões com as áreas de interesse em que deseja investigar a ocorrência de extremos. O valor do quartil em cada ponto de grade nas sub-regiões é parâmetro do critério de seleção dos extremos. Assim, uma pêntada de AIA deve apresentar metade da sub-região com valores acima do limiar de 75% para satisfazer a condição de extremo com contribuição positiva para a precipitação ("extremo de chuva"). O extremo com contribuição negativa para a precipitação ("extremo de seca") deve apresentar valores abaixo do limiar do quartil de 25%. Realizando a criteriosa seleção de extremos nas pêntadas como descrito acima, adquiriu-se o número de pêntadas observadas em cada situação proposta para cada trimestre de DJF.

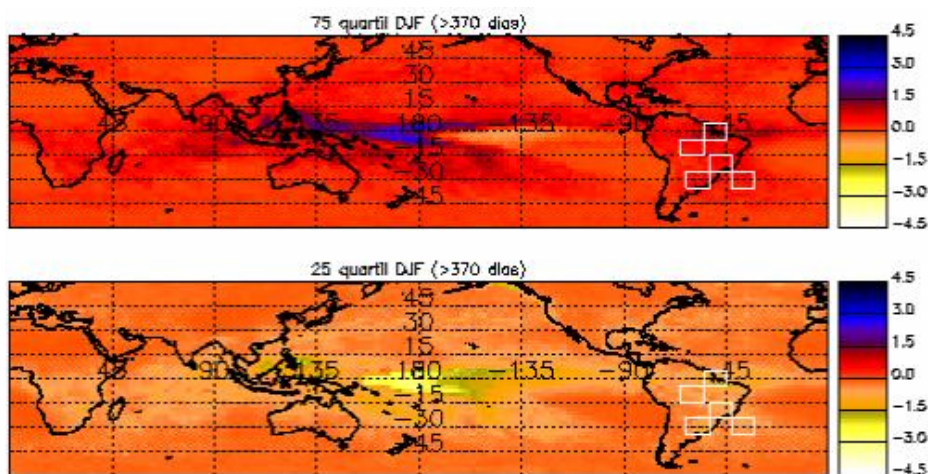



Figura 2. Anomalias interanuais de pêntadas de precipitação (mm/dia) representadas através do quartil de 75% (painel superior) e 25% (inferior) durante o trimestre DJF.

A relação entre os eventos ENOS e a ocorrência de extremos nas escalas interanuais fica evidente na distribuição de freqüências mostradas nas figura 3. A classificação é produzida pelo Centro de Previsão Climática e pela Previsão Ambiental para Centros Nacionais (National Centers for Environmental Prediction/Climate Prediction Center – NCEP/CPC) nos Estados Unidos. As sub-regiões no SE do Brasil e Atlântico subtropical (englobando a região climatológica da ZCAS) mostram aspectos semelhantes, onde acima dos 70% (50%) dos extremos de seca (de chuva) ocorrem na fase fria (neutra). A distribuição dos extremos na sub-região da Amazônia apresenta mais extremos de chuva na fase neutra e de seca durante EN. No Sul do Brasil há características opostas as observadas no SE do Brasil, indicando uma importante relação dos extremos de precipitação associada a essas regiões.

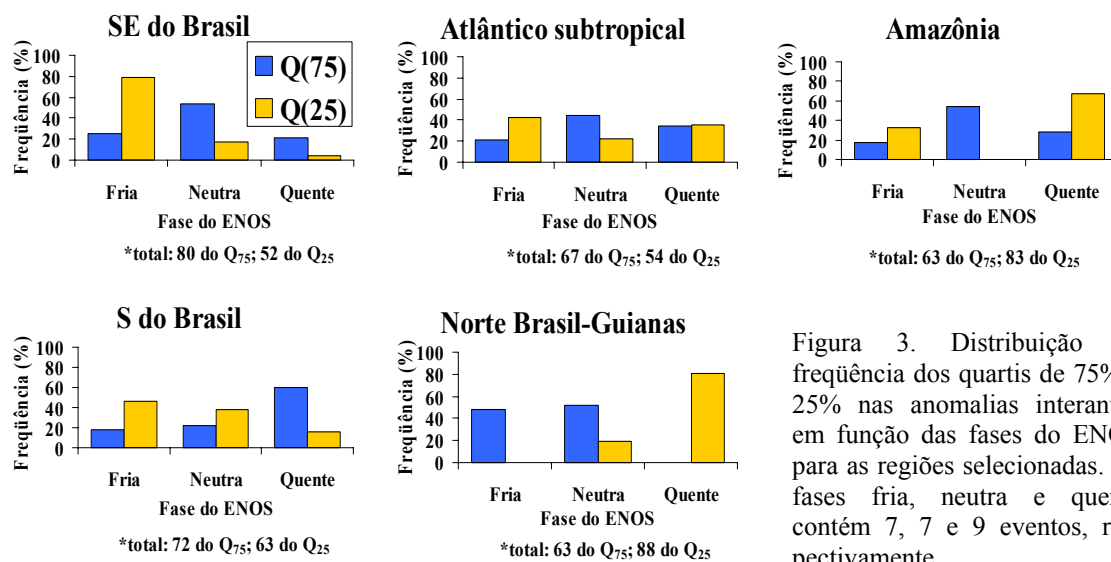



Figura 3. Distribuição de freqüência dos quartis de 75% e 25% nas anomalias interanual em função das fases do ENOS para as regiões selecionadas. As fases fria, neutra e quente contém 7, 7 e 9 eventos, respectivamente.

Na sub-região N do Brasil-Guianas a distribuição dos extremos na escala interanual é caracterizada pelo predomínio de extremos de chuva durante LN e extremos de seca durante EN. Os extremos de seca podem ser explicados pelo ao ramo subsidente da célula de Walker atribuída a convecção no Pacífico leste observada por Souza (2003) e Grimm (2003).

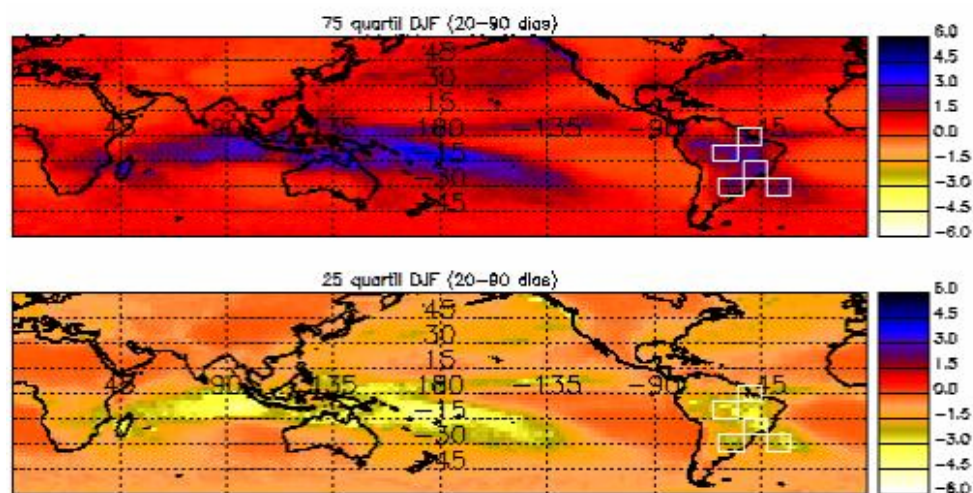



Figura 4. Como na figura 5, mas para anomalias interanuais.

Grimm et al (2000) encontraram que anomalias de precipitação associadas com EN e LN podem ser causadas por mudanças na disponibilidade do vapor d'água, na dinâmica dos movimentos verticais, e na estabilidade vertical do ar, ou a combinação desses fatores. Em geral, anomalias chuvosas (secas) resultam da intensificação (enfraquecimento) da já existente característica da circulação climática que favorece (se opõe) a precipitação durante uma dada estação do ano em uma região específica. No sul da AS os principais processos relacionando anomalias de precipitação e ENOS são: mudanças no jato subtropical e na advecção de vorticidade, mudanças na advecção de umidade vinda do norte ou do Atlântico, e estabelecimento de anomalias barotrópicas equivalentes sobre ou próximas ao Chile.

Liebmann et al (1999) encontraram na região central do Brasil máxima variância intrasazonal e mínima interanual, sendo essa última máxima em uma grande área a leste da América do Sul. Muito da variabilidade relacionada a atividade convectiva interanual sobre essa região é relacionado a Oscilação Sul, com redução (aumento) de precipitação durante EN (LN). O sul do Brasil é a região com o mais forte sinal no evento ENOS (Grimm et al, 2000). Embora muitas vezes os eventos ENOS estejam bem desenvolvidos durante o verão austral, não produz significativas anomalias na circulação sobre o sul da AS durante essa estação, sendo a resposta da precipitação mais fraca do que na primavera.

O mesmo raciocínio utilizado para as considerações de extremos de precipitação na escala interanual serve para os quartis de 75% e 25% das AIS, mostrados na figura 4, como parâmetros para a seleção da ocorrência de extremos na escala de tempo intrasazonal. A investigação da relação entre a ocorrência de extremos na escala intrasazonal e os eventos ENOS, apresentada na figura 5, sugere que ambos os extremos de chuva ou de seca

ocorrem na mesma proporção para as diferentes fases do ENOS. Especula-se que a variabilidade relacionada a esses extremos intrasazonais esteja relacionada a variabilidade intrasazonal/interanual presente na TSM. A variabilidade intrasazonal da TSM na região tropical está relacionada as variações de aquecimento e resfriamento em seu balanço de energia e nos processos dinâmicos da camada superficial do oceano (Jones et al, 1998). Em estudo correlacionando uma região selecionada sobre o leste do Brasil e a TSM, Grimm (2003) encontrou valores à níveis de confiança significativos tanto na costa leste do Brasil, como ao sul da AS, e ainda no Atlântico Norte e Pacífico Tropical.

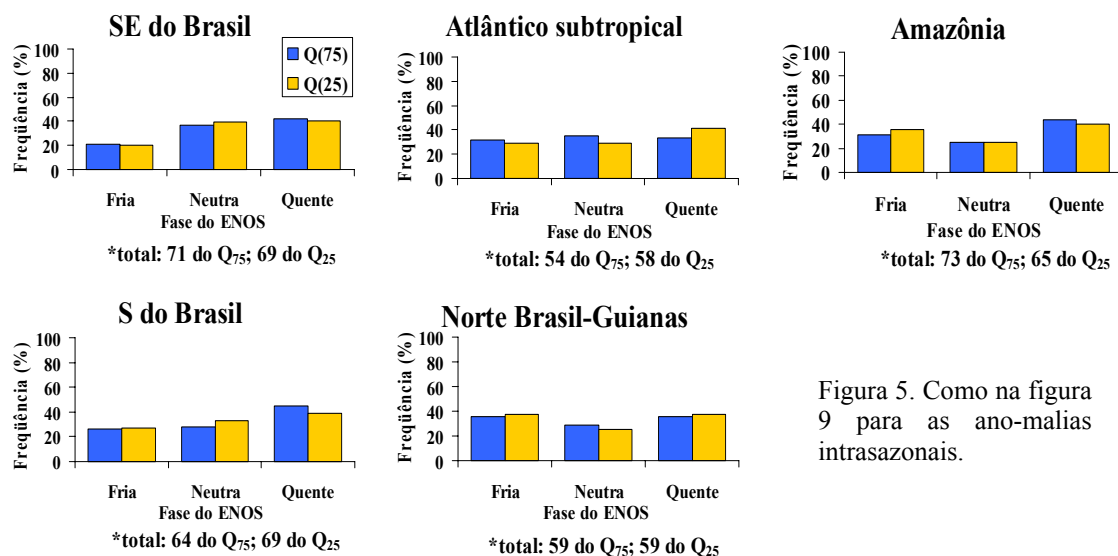



Figura 5. Como na figura 9 para as ano-malias intrasazonais.

Para relacionar a ocorrência de extremos intrasazonais de precipitação com a variabilidade da TSM na mesma escala temporal será utilizada a técnica de composições de eventos com a finalidade de investigar a influência da estrutura espacial dos oceanos nos extremos. Eventos extremos de precipitação foram considerados em relação a persistência de pêntadas que satisfizeram os critérios descritos anteriormente. A consideração de eventos é relativamente importante no que se refere aos graus de liberdade para o cálculo do teste de hipótese.

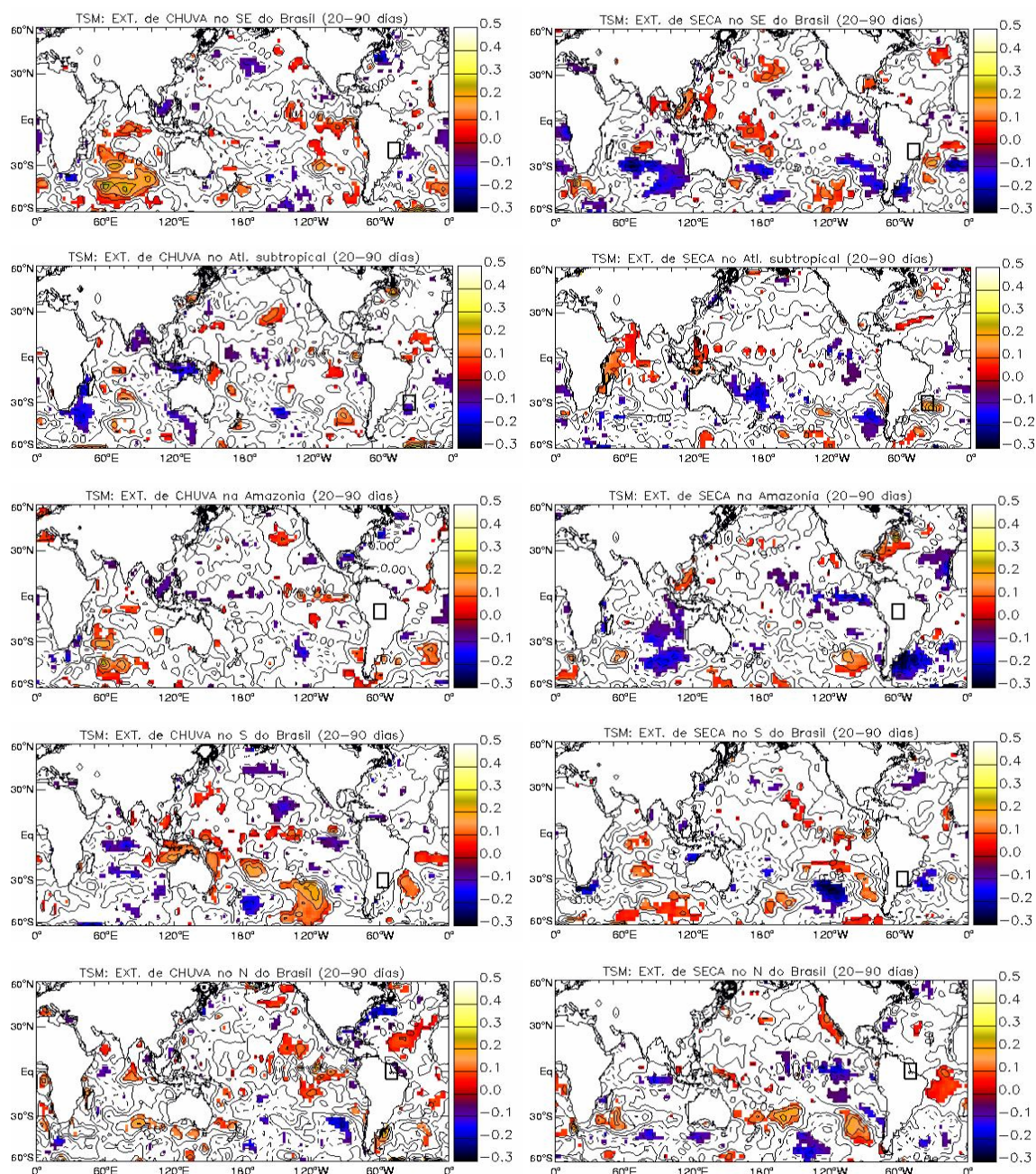



Figura 6. Composições de anomalias intrasazonais de TSM durante eventos extremos de precipitação na escala interanual. Linhas contínuas (tracejadas) indicam valores positivos (negativos) com intervalos de 0.05. Áreas pintadas são significativas ao nível de 95% baseado no teste t de Student.

A figura 6 mostra as AIS (20-90 dias) de TSM durante eventos extremos intrasazonais de chuva (painéis à esquerda) e de seca (painéis à direita) com persistência de duas pêntadas. Isso para todas as sub-regiões. Observa-se que para eventos extremos intrasazonais de chuva no SE do Brasil, há AIS negativas no Atlântico Sul subtropical próximo a costa leste da AS e AIS positivas no Pacífico leste e Índico Sul. Quando ocorrem eventos extremos intrasazonais de seca, há AIS positivas no Atlântico Sul subtropical e Pacífico tropical-oeste e AIS negativas no Pacífico leste e Índico Sul. Esses

padrões são aproximadamente semelhantes para eventos extremos nas sub-regiões Atlântico subtropical e Amazônia. Em geral, observa-se que os padrões das AIS são inversamente relacionados para situações de eventos extremos de chuva ou de seca. Para o Sul do Brasil os AIS de TSM apresentam valores positivos (negativos) no Atlântico Sul subtropical, Pacífico central-sul subtropical e Pacífico Oeste durante eventos extremos de chuva (seca). Para a sub-região do Norte do Brasil-Guianas, quando ocorreram extremos de chuva (seca), AIS positivas são observadas no Atlântico Norte (Sul) e positivas (negativas) no Pacífico Leste.

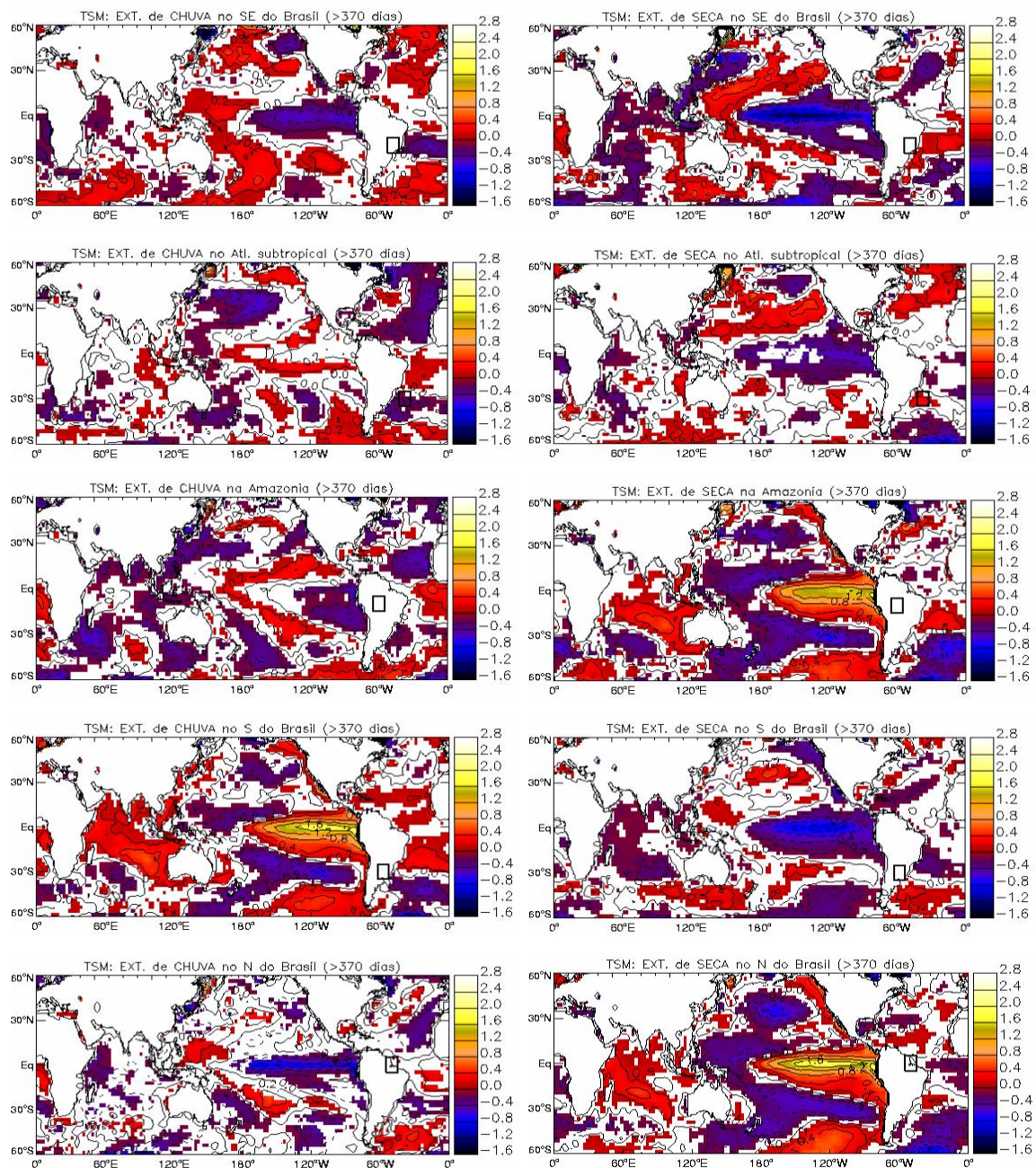



Figura 7. Composições de anomalias interanuais de TSM durante eventos extremos de precipitação na escala interanual. Linhas contínuas (tracejadas) indicam anomalias positivos (negativos) começando em 0.2 (-0.2) com intervalo de 0.4 a partir de 0.4 (-0.4). Áreas pintadas são significativas ao nível de 95% baseado no teste t de Student.

Durante eventos extremos intrasazonais nas sub-regiões SE do Brasil e Atlântico subtropical, que são regiões conhecidas pela atuação da ZCAS nessa época do ano, a contribuição da AIS de TSM no Atlântico Sul subtropical próximo a costa sudeste do Brasil parece estar associada a uma resposta imediatamente à ocorrência desses eventos. Isso aparenta ser muito mais uma conseqüência dos eventos do que uma forçante. Investigando as AIS de TSM defasadas ("lag") em relação aos eventos extremos nessa escala de tempo, observa-se que, para as sub-regiões SE do Brasil e Atlântico subtropical, há AIS positivas (negativas) no Atlântico Sul subtropical e Pacífico central-sul subtropical precedendo eventos extremos de chuva (seca). Assim como AIS negativas (positivas) no Atlântico equatorial antecedendo eventos de seca (chuva) no Norte do Brasil (figuras não mostradas).

A figura 7 mostra as AIA (>370 dias) da TSM durante eventos extremos interanuais de chuva e de seca para todas as sub-regiões. Os resultados confirmam os obtidos anteriormente (comparar com a figura 3). As composições mostram a importância da fase neutra do ENOS para a sub-região SE do Brasil durante eventos extremos interanuais de chuva, tendo AIA positivas localizada no Pacífico oeste-tropical e AIA negativas no Pacífico leste-tropical. Nessa sub-região durante LN, há maior ocorrência de eventos extremos interanuais de seca. As AIA do Oceano Atlântico Sul mais uma vez parecem comportar-se muito mais como uma resposta da atmosfera, e não como uma forçante. Entretanto, uma gangorra de AIA positivas e negativas é observada entre a porção mais ao norte e mais ao sul do Atlântico Sul, principalmente nas sub-regiões SE e S do Brasil. Eventos extremos interanuais na sub-região Atlântico subtropical não apresenta um sinal claro com relação as AIA em razão de serem aproximadamente bem distribuídos entre as fases do ENOS.

A TSM no Pacífico equatorial modula a chuva entre os casos de EN, LN e também anos neutros, porém não modula a variabilidade da chuva entre anos de EN ou LN sobre o sul da AS (Barros e Silvestri, 2002). Isso indica que a resposta da chuva nessa região em relação a TSM nas regiões do ENOS não é linear e dessa forma independe da escala de intensidade do seus casos extremos. Por outro lado, a TSM no Pacífico central-sul subtropical modula a chuva sobre o sul da AS, sendo que entre casos de EN essa TSM seja independente da TSM equatorial. Isso ocorre porque a variação da TSM no Pacífico central-sul subtropical é associada a padrões da circulação atmosférica sobre o Pacífico subtropical. Barros e Silvestri estudando o trimestre de outubro à dezembro mostraram que esses padrões inibem ou favorecem o transporte de umidade de norte para o sul da AS. Nas

regiões mais a sudeste da AS esses fatores contribuem ainda mais para a chuva relacionados a outros processos dinâmicos, como por exemplo, os deslocamentos da alta subtropical do Atlântico como fonte de umidade para essas regiões.

4. CONCLUSÃO E COMENTÁRIOS FINAIS

A seleção de extremos nas escalas intrasazonais e interanuais foi consistente e mostrou interessantes resultados. Extremos interanuais de chuva ou de seca são modulados na maior parte das regiões estudadas pelas fases do ENOS. Isso pode ser confirmado tanto pela classificação do NCEP/CPC, como também pelas AIA de TSM no Pacífico equatorial. Extremos intrasazonais de chuva e de seca não foram diretamente associados às fases do ENOS. Porém, pode-se observar os padrões de AIS de TSM global associados a esses extremos intrasazonais.

É notável entre as análises a maior significância com probabilidade de erro menor que 5 % das AIA de TSM comparada com as AIS. Esse fato é atribuído as diferenças de comportamento temporal entre as escalas consideradas. A oscilação da escala interanual é muito mais lenta em relação a intrasazonal. Assim, quando um evento extremo interanual é estabelecido, este persiste por quase todo o trimestre de DJF. Diferentemente de eventos extremos intrasazonais que ocorrem uma ou duas vezes no durante o trimestre de DJF e persistem, em geral, por um ou duas pêntadas, menos freqüentemente por três pêntadas. Dessa forma, o teste de hipótese para as AIA de TSM considera um pequeno número de eventos independentes (graus de liberdade), que abrangem um considerável quantidade de pêntadas de TSM. Em contra partida, extremos intrasazonais apresentam mais eventos independentes, isto é, amostra mais representativa, mas que persistem por um número reduzido de pêntadas. Assim sua significância estatística é mais restritiva.

Eventos extremos de precipitação e a TSM separados na mesma escala de tempo mostraram aspectos conclusivos referente a associação entre as mesmas escalas relacionadas. A interação entre diferentes escalas, sobre tudo a importante troca de energia entre as mesmas, deve ser motivo de estudos em razão de sua combinação para a ocorrência de eventos atmosféricos extremos.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho tem apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Projetos 02/10426-0 e 02/09289-9). Leila M. V. Carvalho agradece o apoio financeiro do CNPq (proc: 302203/02-8).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barrros, V.R. e Silvestri, G.E., 2002: The Relation between Sea Surface Temperature at the Subtropical South-Central Pacific and Precipitation in Southeastern South America. **J. of Climate.** 15. 251-267.

Carvalho, L.M.V., C. Jones, and B. Liebmann, 2002: Extreme precipitation events in southeastern South América and large-scale convective patterns in the South Atlantic convergence zone. **J. Climate**, 15, 2377-2394.

____, ____, e ___, 2004: The South Atlantic convergence zone: intensity, form, persistence, relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. **J. Climate** , 17, 88-108.

Duchon, C. E., 1979: Lanczos filter in one and two dimensions. **J. Appl. Meteor**., 18, 1016–1022.

Gebremichael, M., W.F. Krajewski, M. Morrisey, D. Langerud, G. J. Huffman e R.F. Adler, 2003: Error Uncertainty Analysis of GPCP Monthly Rainfall Products: A Data-Based Simulation Study. **J. Appl. Meteor**., 42, 1837-1848.

Grimm, A. M., V.R. Barros e M.E. Doyle, 2000: Climate Variability in Southern South America Associated with El Niño e La Niña Events. **J. Climate**, 13, 35-58.

____, 2003: The El Niño Impact on the Summer Monsoon in Brazil: Regional Processes versus Remote Influences. **J. Climate**, 16, 263-280.

Helms, H.D., 1967: Fast Fourier Transform Method of Computing Difference Equations and Sumulating Filters. **IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics**,v.15, p. 85.

Jones, C., D.E Waliser, C. Gautier, 1998: The Influence of the Madden-Julian Oscillation on Ocean Surface Heat Fluxes and Sea Surface Temperature. **J. Climate**, 11, 1057-1052.

____, C., L.M.V. Carvalho, R.W. Higgins, D.E. Waliser, e J.-K.E. Schemm, 2004: Climatology of Tropical Intraseasonal Convective Anomalies: 1979-2002. **J. Climate**, 17, 523-539.

Liebmann, B., G. N. Kiladis, J. A. Marengo, T. Ambrizzi, J. D. Glick, 1999: Sub monthly convective variability over South America and the South Atlantic Convergence Zone. **J. Climate**, 12, 1877-1891.

Marton, E., 2000: **Oscilações Intrasazonais Associadas à Zona de Convergência do Atlântico Sul no Sudeste Brasileiro**. Tese de Doutorado. IAG/USP, São Paulo – SP.

Nogués-Paegle, J., e K. C. Mo, 1997: Alternating Wet and Dry Conditins over South America during Summer. **Mon. Wea. Rev.**,125, 279-291.

Ropelewski, C.F. e M.S. Halpert, 1987: Global end Regional Scale Precipitation Patterns Associated with the El Niño/Southern Oscillation. **Mon. Wea. Rev.**, 115, 1606-1626.

Souza, E.B, 2003: **Variabilidade Pluviométrica Intrasazonal sobre a Amazônia Oriental e Nordesde Brasileiro durante o Outuno Austral**: Mecanismo Atmosférico de Baixa e Alta Freqüência. Tese de Doutorado. IAG / USP. São Paulo – SP.

Strang, G. e T.Nguyen, 1996: Wavelets and Filter Banks. **Wellesley-Cambridge Press**, p37.

Trenberth, K.E., G.W. Branstator, D. Karoly, A. Kumar, N. Lau e C Ropelewski, 1998: Progress during TOGA in nderstanding and odeling global teleconnections associated with tropical sea surface temperatures. **J. Geoph. Res.**, 103, 14,291-14,324.

Xie, P., J.E. Janowiad, P.A. Arkin, R. Adler, A. Gruber, R. Ferraro, G. J. Huffman, e S. Curtis, 2003: GPCP Pentad Precipitation Analyses: An Experimnetal Dataset Based on Gauge Observations and Satellite Estimates. **J. Climate**, 16, 2197-2214.

Weickmann, K.M.; G.R. Lussky; J.E. Kukbach, 1885: Intraseasonal (30-60 day) fluctuation of outgoing longwave radiation and 250 mb streamfunction during northem winter. **Mon. Wea. Rev**, 113, 941-961.

Wilks, D. S. **Statistical methods in the Atmospheric Sciences**. Academic Press, NY, 1995.

SISTEMAS METEOROLÓGICOS ASSOCIADOS A ESCORREGAMENTOS COM VÍTIMAS FATAIS NO ESTADO DE SÃO PAULO NO PERÍODO DE 1996 A 2004

FERNANDA .S. IDE[1]
EDUARDO SOARES DE MACEDO[2]

[1]Meteorologista, WM7 Meteorologia Ltda
Av. Sen. Casemiro da Rocha, 609, cj.21, São Paulo, SP, CEP 04047-001
[2]Geólogo, IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas
Av. Prof. Almeida Prado, 532, São Paulo, SP CEP 05508-901
fide@wm7.com.br; esmacedo@ipt.br

IDE, F. S.; MACEDO, E. S. Sistemas meteorológicos associados a escorregamentos com vítimas fatais no Estado de São Paulo no período de 1996 a 2004. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 591-601. (CD-ROM)

RESUMO
A partir do cadastro de eventos de escorregamento com vítimas fatais no Brasil realizado pelo Agrupamento de Geologia e Aplicações Ambientais do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (AGAMA/IPT), foram selecionadas as ocorrências no Estado de São Paulo entre 1996 e 2004. Com o objetivo de aprimorar o conhecimento da relação entre os processos atmosféricos e os escorregamentos e melhorar o grau de antecipação de situações de risco, foram analisados os cenários atmosféricos destas ocorrências. A maior parte dos escorregamentos foi registrada no período chuvoso, entre dezembro e março, com pico em janeiro. A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) foi o sistema responsável pela maior parte das ocorrências de escorregamento no Estado de São Paulo. A ZCAS fornece suporte termodinâmico para a formação de chuvas por pelo menos 4 dias seguidos, propiciando a diminuição da resistência do talude. Frentes frias também apresentam grande importância na instabilização de encostas, sejam associadas a outros sistemas meteorológicos ou a eventos anteriores de episódios de chuva intensa.
Palavras-chave: escorregamento, sistema meteorológico, ZCAS, chuva.

ABSTRACT
Based on a database of landslide accidents developed by the Institute of Technological Research of São Paulo State, Brazil (IPT), occurrences in São Paulo State during the period 1996 to 2004 were selected. Atmospheric conditions associated with each event were analysed in order to investigate the relation between landslide and meteorological system that trigger it. The results showed that South Atlantic Convergence Zone (SACZ) is responsible for most events of landslides in São Paulo State. SACZ provides thermodinamical mechanism which lead to continuous precipitation over the same area for 4 days or more. After several rainy days, groundwater level rises and diminish slope resistance. Cold fronts are also important meteorological systems in landslides triggering which may be associated with other systems or related to previous precipitation events.
Key-words: landslide, meteorological system, SACZ.

1. INTRODUÇÃO

Os escorregamentos são um tipo de movimento gravitacional de massa caracterizado pela ruptura do equilíbrio natural dos taludes. Os escorregamentos podem afetar grandes áreas e causam grandes perdas materiais e humanas em todo o mundo. De acordo com Brabb (1991), os deslizamentos causam milhares de mortes e dezenas de milhares de dólares de prejuízos anualmente.

Cerri (1992) ressalta que em termos mundiais, escorregamentos são o tipo de acidente geológico que menos causam mortes, ao contrário do que ocorre o Brasil onde este é o processo que mais está associado a vitimas fatais.

A partir de notícias veiculadas pela imprensa, artigos científicos e de divulgação, e relatórios de ocorrências da Defesa Civil, a Seção de Processos e Riscos Geológicos, do Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) desenvolveu um banco de dados informatizado das ocorrências de escorregamentos com mortes em todo o Brasil desde 1988. Este trabalho, que representou um avanço na base de informações de escorregamentos no Brasil, está descrito em Macedo *et al.* (1999). De acordo com este levantamento, atualizado até junho de 2004, cerca de 1530 pessoas morreram nos últimos 17 anos vítimas de deslizamentos no Brasil. O processo está associado à ocupação irregular nas principais cidades brasileiras como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Salvador, Recife e Vitória.

Não se conhecem estudos que quantifiquem o impacto dos acidentes ambientais sobre a economia brasileira, mas sabe-se que o número de vítimas de acidentes associados a escorregamentos e danos gerados por inundação cresce a cada período de chuvas intensas (Nogueira, 2002).

Vários fatores influenciam os processos de escorregamento tornando complexo o dimensionamento da suscetibilidade de escorregamentos em uma encosta (Tatizana, 1987a,b). No entanto, o principal agente deflagrador de escorregamentos é a chuva. Uma vez que a precipitação é um fator previsível, uma série de estudos foi desenvolvida nas últimas décadas pela comunidade científica, relacionando o comportamento da chuva e a incidência de escorregamentos, com o objetivo de aprimorar o sistema de monitoramento do processo. O monitoramento eficiente dos escorregamentos leva à antecipação da possibilidade de um evento catastrófico, prevenindo perdas materiais e salvando vidas.

Um grande número de trabalhos internacionais e nacionais relaciona o comportamento da chuva e o processo de escorregamento. Paralelamente, muito vem se aprimorando a investigação dos sistemas meteorológicos que conduzem a eventos severos de precipitação, quase sempre associados a grandes transtornos econômicos e sociais. No entanto, pouco se encontra na literatura abordando a questão da previsibilidade dos escorregamentos de forma multidisciplinar, relacionando as estruturas dinâmica e termodinâmica da atmosfera e a sua relação direta com o processo. Entre os poucos trabalhos que abordam diretamente a relação entre as condições meteorológicas e a ocorrência de escorregamentos, pode-se citar Blanco e Massambani (2000), os quais

realizaram um estudo de caso de intensificação da chuva orográfica na Serra do Mar que ocasionou uma série deslizamentos na região em janeiro de 1998.

A maior parte dos episódios de escorregamento está associada a eventos de chuva forte, causados por células de tempestade. As tempestades podem acontecer de forma isolada (favorecidas pelo aquecimento) ou organizadas em forma de linhas (sistemas frontais e linhas de instabilidade) ou aglomerados (áreas de instabilidade). Elas também podem estar embebidas em sistemas de escalas maiores como furacões ou ciclones extratropicais. Dependendo de vários fatores como o grau de saturação e a permeabilidade do solo, a inclinação e a forma da bacia , a intensidade e a velocidade de deslocamento da tempestade, as condições são mais ou menos favoráveis a deslizamentos.

O estado de São Paulo sofre a influência de vários sistemas meso e grande escala que acabam por configurar o clima na região. As frentes frias são os principais fenômenos perturbadores da atmosfera e atingem a região durante todo o ano. A frente fria é uma superfície de separação entre massas de ar de características diferentes. O avanço de uma massa de ar frio polar (mais denso) sobre uma região força o ar mais quente (menos denso) a subir, causando intensa convecção. A atividade convectiva da frente fria pode ser intensificada pela topografia local ou pela interação com outros sistemas meteorológicos. Em situações de bloqueio atmosférico, uma frente fria pode ter pouco deslocamento, permanecendo semi-estacionária sobre uma mesma região por vários dias seguidos, associados à intensa nebulosidade e chuva.

Outro fenômeno meteorológico que atinge a região é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Mais comum no verão, a ZCAS é caracterizada por uma extensa faixa de nuvens que se forma na América do Sul com orientação NW-SE, cruzando o Brasil desde a Amazônia até o Atlântico Sul. A umidade e o calor vindos da região tropical do norte do Brasil alimentam a formação de nuvens carregadas, que podem provocar precipitação durante vários dias nessa faixa do país, incluindo a Região Sudeste. O fenômeno costuma estar associado a eventos de precipitação intensa e é um dos principais fatores causadores de chuva entre o final da primavera e o começo do outono na Região Sudeste. Quadro (1994) analisou as características da ZCAS:

a) permanência do sistema frontal por mais de 4 dias;
b) convergência de umidade em baixos e médios níveis;
c) vorticidade ciclônica em 850 hPa e anticiclônica em 200 hPa, região de baixa pressão e alta pressão respectivamente;

d) penetração de ar frio ao sul da faixa de nebulosidade em baixos níveis.

Eventos de chuva forte com rajadas de vento também ocorrem associados a Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM). Os CCM's são tipos de sistemas meteorológicos de mesoescala , com dimensão espacial de centenas de quilômetros e duração de mais de seis horas. Constituem-se de grandes aglomerados de nuvens de tempestade em forma circular que se formam preferencialmente sobre o Paraguai. Embora o caminho preferencial destes sistemas seja a Região Sul do País, alguns complexos chegam ao Centro-Oeste e ao Sudeste, atingindo o estado de São Paulo com grande atividade convectiva. Um estudo de Conforte (1997) sobre a ocorrência de CCMs na América do Sul com o uso de imagens de satélite, indica que o tempo médio de duração desses sistemas é de 15 horas e sugere que o fenômeno ocorra com maior freqüência na primavera e no outono.

Vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN) são outro tipo de sistema meteorológico associado a grande volume de precipitação. Eles correspondem a cavados (áreas de baixa pressão atmosférica) que se formam na alta troposfera na qual os ventos giram no sentido horário (ciclônico). O seu tempo de vida pode variar de horas a semanas. Os VCAN podem se formar em latitudes subtropicais ou em latitudes tropicais. Os VCAN subtropicais se formam em qualquer época do ano. De acordo com Lourenço *et al.* (1996) este tipo de vórtice atua nas regiões Sul e Sudeste por 1 ou 2 dias causando chuvas e ventos fortes. Sakuragi (1992) apontou o VCAN como responsável pelas chuvas intensas em São Paulo no dia 19 de março de 1991.

2. METODOLOGIA

A partir do Banco de Dados de acidentes de escorregamentos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), foram selecionadas as ocorrências registradas no estado de São Paulo no período de 1996 a 2004, num total de 130.

As ocorrências foram organizadas em ordem cronológica. Em diversas situações foram observadas ocorrências de escorregamentos com vítimas em um mesmo dia (ou dentro de um intervalo de poucos dias), em várias cidades próximas uma das outras, indicando a possibilidade de atuação de um mesmo sistema meteorológico. Tais ocorrências foram agrupadas resultando em 38 cenários meteorológicos a serem analisados.

Para cada agrupamento procedeu-se então, à análise dos campos meteorológicos e dos sistemas envolvidos. Nesta etapa, foram consultados os boletins mensais de monitoramento e análise climática CLIMANÁLISE do período de janeiro de 1996 a novembro de 2003, elaborados pelo Centro de Pesquisa e Estudos Climáticos, (CLIMANÁLISE, 2004). Foram utilizadas também informações do banco de dados e imagens de satélite e radar da empresa WM7 Meteorologia.

Dos 38 grupos de eventos, 3 foram descartados do estudo por suas causas terem sido atribuídas à intervenções antrópicas e não propriamente à chuva: 10/02/1999 (desabamento em Guarulhos/SP), 21/04/1999 (rompimento de adutora em Cotia/SP), 31/03/00 (vazamento na rede de água em Itapevi/SP) e 14/07/00 (deslizamento de talude de construção em São Paulo/SP). Das ocorrências selecionadas foram associadas 154 vítimas fatais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os resultados da análise meteorológica dos eventos de escorregamento, os quais se concentram na parte leste e nordeste do Estado de São Paulo (Serra da Mantiqueira e Serra do Mar) . A última coluna à direita indica o diagnóstico do sistema meteorológico responsável pelos eventos e períodos de atuação segundo a simbologia: ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul, FF – Frente fria, VCAN/FF – Vórtice Ciclônico de Altos Níveis associado à Frente Fria, FF S.E. – Frente Fria Semi-Estacionária, I.S.- Instabilidades Sucessivas.

Tabela 1 – Eventos de escorregamentos com mortes no Estado de São Paulo no período de 1996 a junho de 2004 e sistema meteorológico associado.

Cidade	**Data**	**Nº Vítimas**	**Sistema Meteorológico**
São Paulo	05/01/96	1	ZCAS - 1 a 11/01/96
São José dos Campos	05/01/96	4	
Campinas	07/01/96	3	
São Paulo	06/02/96	9	ZCAS - 3 a 25/02/06
Ubatuba	13/02/96	1	
São Luís do Paraitinga	13/02/96	1	
São Luís do Paraitinga	13/02/96	2	
Ubatuba	13/02/96	7	
Cunha	15/02/96	8	
São Bernardo do Campo	26/02/96	2	
Embu-Guaçu	02/03/96	2	ZCAS - 1 a 11/03/96
São Bernardo do Campo	19/03/96	1	FF antecedida por ZCAS (1 a 11/03/96)
Paraibuna	21/03/96	1	
São Paulo	02/12/96	5	FF
Itaóca	23/01/97	1	ZCAS – 20 a 29/01/97
Francisco Morato	23/01/97	1	
Rio Grande da Serra	24/01/97	1	
Itaquaquecetuba	25/01/97	1	
Ferraz de Vasconcelos	25/01/97	1	
São Paulo	27/01/97	1	
São Paulo	29/01/97	1	
Pedreira	29/01/97	2	
Jandira	05/06/97	2	FF
São Paulo	10/07/97	1	FF antecedida FF no dia 3/07/97
São Paulo	14/02/98	2	ZCAS –12 e 16/02/08
São Paulo	16/02/98	1	
São Paulo	05/03/98	3	FF
Guarulhos	30/04/98	1	VCAN /FF
Serra Negra	06/01/99	1	ZCAS - 5 a 10/01/99
Aparecida	22/02/99	1	ZCAS -17 a 28/02/99
São Paulo	26/02/99	2	
São Paulo	26/02/99	1	
São Paulo	01/03/99	4	FF
São Paulo	03/03/99	1	

Cidade	Data	N. Vitimas	Sistema Meteorológico
Diadema	11/03/99	1	FF antecedida por outras FF
São Bernardo do Campo	11/03/99	2	
São Bernardo do Campo	12/03/99	3	
Caieiras	23/04/99	4	VCAN/FF
Carapicuíba	10/12/99	1	ZCAS-8 a 14/12/99
Campos do Jordão	03/01/00	1	ZCAS* - 1 a 8/01/00
Campos do Jordão	04/01/00	1	
Campos do Jordão	04/01/00	1	
Campos do Jordão	04/01/00	5	
Queluz	04/01/00	1	
Campos do Jordão	07/01/00	1	
Santos	07/01/00	1	
Guarulhos	08/01/00	1	
São Paulo	12/01/00	3	FF antecedida por ZCAS -1 a 8/01/00
Santo André	12/01/00	1	
Diadema	12/01/00	3	
Sumaré	26/01/00	1	ZCAS – 21 a 24/01/00
São Paulo	27/02/00	1	FF (23 a 27) antecedida por ZCAS - 6 a 10/02/00
São Paulo	27/02/00	12	
São Paulo	01/03/00	1	I.S.
Guarujá	26/11/00	1	FF S.E. - 24 a 27/11/00
Mauá	01/10/01	3	FF
Mairiporã	14/01/02	2	FF S.E. 14 a 19/01/02
São Paulo	16/01/02	2	
Caieiras	26/01/02	2	I. S.
Mauá	17/12/02	2	ZCAS –13 a 17/12/02
São Roque	17/01/03	1	ZCAS –13 a 19/01/03
Itaquaquecetuba	26/01/03	1	ZCAS – 22/01 a 01/02/03
Taboão da Serra	28/01/03	7	
Mauá	28/01/03	1	
Jacupiranga	22/02/03	2	VCAN/FF
Rio Grande da Serra	15/12/03	2	I.S.
Itapetininga	25/01/04	3	FF antecedida por inst.(dia 20/21)
Ituverava	27/01/04	1	FF S.E.
Ribeirão Grande	27/01/04	2	
Francisco Morato	21/04/04	1	FF S.E.

A análise comprovou que na maioria das vezes, o mesmo sistema meteorológico de meso ou de grande escala é responsável pela ocorrência de escorregamentos em várias localidades dentro de intervalo de horas a poucos dias.

Os episódios analisados se concentram no período mais chuvoso do ano, entre dezembro e março, com maior incidência no mês de janeiro. Apenas 6 grupos de casos (17,7%) ocorreram fora deste período.

Dentre os 34 grupos de ocorrências de escorregamento estudados, a ZCAS foi o sistema meteorológico responsável por 13 deles (38,2% dos eventos). O diagnóstico específico de ZCAS para o evento catastrófico de janeiro de 2000 na região de Campos do Jordão já havia sido realizado por Satyamurty *et al* (2000).

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos para este e para os demais sistemas meteorológicos.

Tabela 2 – Levantamento estatístico dos sistemas meteorológicos associados aos eventos de escorregamentos com mortes no Estado de São Paulo (de 1996 a junho de 2004).

Sistema Meteorológico	**Descrição**	**Número de grupos de ocorrência**	**Percentagem de eventos associados (%)**
ZCAS	Atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul	13	38,2
FF antecedida por ZCAS	Passagem de frente fria antecedida por ocorrência de ZCAS em dias anteriores	6	17,7
FF	Passagem de frente fria	5	14,7
FF S.E.	Permanência de frente fria semi-estacionária	4	11,8
FF/VCAN	Frente fria associada à ocorrência de Vórtice Ciclônico de Altos Níveis	3	8,8
I.S.	Instabilidades Sucessivas – ocorrência de áreas de instabilidade por vários dias seguidos, provocados pelo aquecimento.	3	8,8
	Total	**34**	**100%**

Considerando-se os escorregamentos como uma ruptura de solo ou rocha, há dois fatores que podem deflagrar os processos: aumentando a solicitação ou a diminuição da resistência do terreno (BITAR, 1995). A redução da resistência pela água de chuva infiltrada ocorre devido à geração de forças de percolação, geração de pressão hidrostática e perda de coesão.

Episódios de chuva que tenham ocorrido anteriormente diminuem a quantidade de água necessária para a perda de estabilidade no talude.

A ZCAS permite a organização da convecção tropical e fornece suporte termodinâmico para a ocorrência de chuvas contínuas, que podem ser intensificadas pela orografia. A permanência da faixa de nebulosidade e chuva por pelo menos 4 dias (característica da ZCAS) faz com que os níveis de saturação do solo sejam atingidos mais facilmente, aumentando a vulnerabilidade a escorregamentos.

Frentes frias por outro lado, podem propiciar episódios de chuvas fortes em qualquer época do ano, os quais, dependendo da condição de umidade do solo, podem ocasionar escorregamentos. Dos 34 grupos analisados, 5 (ou 14,7%) foram atribuídos à passagem de frentes frias isoladas, que provocaram grande volume de chuva em curto período.

A importância de chuvas anteriores na instabilização dos taludes é refletida também pela alta associação de escorregamentos (17,7%) com ocorrências de frentes frias precedidas de episódios significativos de chuva, com intervalos máximos de uma semana. Entre os sistemas responsáveis pelas chuvas anteriores, encontram-se a própria ZCAS, áreas de instabilidade ou outros sistemas frontais. Tais eventos meteorológicos elevam o nível de água do solo e predispõem à condição de instabilidade.

Frentes frias semi-estacionárias (associadas a 11,8% das ocorrências) atuam de forma semelhante a ZCAS no processo de escorregamento, propiciando episódios seguidos de chuva. O mesmo acontece no caso da formação de áreas de instabilidade por vários dias seguidos em uma mesma região (Instabilidades Sucessivas), mais comuns no verão, quando o calor e alta umidade formam nuvens convectivas de fim de tarde.

Outras situações meteorológicas, associadas aos sistemas frontais também mostraram ter participação significativa na ocorrência de deslizamentos. Nos casos de formação de VCAN (Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis), a circulação na alta atmosfera intensifica a convecção associada à frente fria causando chuvas intensas, em qualquer época do ano.

Com relação às aspectos de grande escala , a maioria dos episódios investigados ocorreu sob a influência da La Niña. A La Niña (fenômeno oposto ao El Niño) corresponde à situação na qual as águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial ficam mais frias que o normal, alterando os padrões de circulação atmosférica global. Este resultado contraria a princípio, o esperado. Silva Dias e Marengo (1999) descrevem vários estudos relacionando o regime de precipitação com anos de El Niño e La Niña e concluem

que há maior probabilidade de chuva acima da média em São Paulo em anos de El Niño. Estudo de Xavier *et al*. (1994) *apud* Silva Dias e Marengo (1999) não apontou a existência de anomalia significativa de precipitação em anos de La Niña em São Paulo. Na região Sudeste, geralmente ocorre a maior penetração de sistemas frontais em anos de La Niña e pode ocorrer grande variabilidade na distribuição da chuva.

4. CONCLUSÃO

A análise dos cenários meteorológicos dos episódios de escorregamento com vítimas no estado de São Paulo no período de 1996 a 2004 mostrou que a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é o sistema que mais está relacionado ao processo (38,2% dos casos). A persistência de mecanismos de formação de chuva por 4 ou mais dias tem papel fundamental na saturação do solo e na conseqüente instabilização dos taludes. Atualmente, este sistema admite boa previsibilidade pelos modelos numéricos de curto e médio prazo, permitindo uma antecipação de situações potenciais de risco.

Outras situações meteorológicas associadas aos escorregamentos podem ocorrer associadas a frentes frias, com íntima relação com episódios de chuvas anteriores.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BITAR, O. Y. (Coord.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE/IPT, 1995. 247p. (Série Meio Ambiente)

BLANCO, C. M. R; MASSAMBANI, O. Intensificação orográfica e sua relação com escorregamentos de encostas: o caso de janeiro de 1998. **Tópicos de Hidrometeorologia no Brasil**, Disponível em: <http://hidroweb.anell.gov.br/doc/topicos/topicos/oral4.htm>. Acesso em: 15 jan.2003.

BRABB, E. E. The world landslide problem. **Episodes**. S.l.,v.14,n.1, p.52-61,1991.

CERRI, L. E. S. Prevenção e controle de acidentes geológicos urbanos associados à escorregamentos no Brasil: proposições técnicas fundamentadas na realidade sócio-econômica brasileira. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 2, 1992, Pereira. **Anais...** Pereira, Colômbia: CARDER/INGEOMINAS/EAFIT/AGID/IUGS/IAEG/ONAD.s/p.

CLIMANÁLISE. **Boletim de monitoramento e análise climática**. Cachoeira Paulista: INPE/CPTEC,1996-2003. (Mensal). Disponível em <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise>. Acesso em 10.jun.2004.

CONFORTE, J. C. **Um estudo de complexos convectivos de mesoescala sobre a América do Sul**. 1997. 140p. Tese (Doutorado) – INPE, São José dos Campos, 1997.

LOURENÇO, M. C. M.; FERREIRA, N. J.; GAN, M. A. Vórtices ciclônicos em altos níveis de origem subtropical. In: **Climanálise Edição Especial Comemorativa 10 anos**. São José dos Campos: Publicação INPE, 1996.

MACEDO, E. S; ALBERTO, M. C.; SALLES, E. R. Informatização do cadastramento de acidentes de escorregamentos com vítimas fatais ocorridos no Brasil no período de 1988 a 1999. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 9, 1999, São Pedro. **Boletim de Resumos...** São Pedro: ABGE, 1999, p. 95

NOGUEIRA, F. R. **Políticas públicas municipais para gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos em áreas de ocupação subnormal**. 2002. 256p. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de episódios de zonas de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. 97p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Departamento de Meteorologia, INPE, São José dos Campos, 1994.

SAKURAGY, J. **Sondagens TOVS**: Impacto na análise sinótica entre 18 e 19 de março de 1991 na região Sul e Sudeste do Brasil. São José dos Campos: INPE, 1992 (INPE-5497/TDI/512).

SATYAMURTY, P. et al. Campos diagnósticos associados ao episódio de chuvas fortes na Região da Serra da Mantiqueira do começo do ano 2000. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2000, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2000, CD-ROM.

SILVA DIAS, P. L. e MARENGO, J. A. Águas atmosféricas. ln: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (org.). **Águas doces no Brasil**. São Paulo: Editora Escritura. 1999. p. 46-51.

TATIZANA, C. *et al*. Análise da correlação entre chuvas e escorregamentos na Serra do Mar, município de Cubatão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, São Paulo,SP. **Anais...** São Paulo:ABGE, 1987a, v.2, p. 225-236.

TATIZANA, C. *et al*. Modelamento numérico da análise de correlação entre chuvas e escorregamentos na Serra do Mar, município de Cubatão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, São Paulo,SP. **Anais...** São Paulo:ABGE, 1987b, v.2, p. 237-248.

OCORRÊNCIA DE UM CASO DE NUVEM TIPO VÍRGULA INVERTIDA NO DIA 11 DE JANEIRO DE 2004 NO LITORAL DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA

MAURICI A. MONTEIRO[1]
MARCELO R. DE MORAES[1]
DANIEL S. CALEARO[1]

[1]EPAGRI/CLIMERH.
Rodovia Admar Gonzaga, 1347, Itacorubi, Florianópolis.SC.
met@climerh.rct-sc.br

MONTEIRO, M. A.; MORAES, M. R.; CALEARO, D. S. Ocorrências de um caso de nuvem tipo vírgula invertida no dia 11 de janeiro de 2004 no litoral do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 602-613. (CD-ROM)

RESUMO
O sistema de nuvem vírgula invertida (Hemisfério Sul) apesar de se desenvolver em uma área não muito extensa (mesoescala), apresenta condições de tempo muito instável, podendo inclusive desenvolver tempestades em forma de *Tornado*, onde os ventos são muito fortes com grande poder destrutivo. Apesar de não ser muito freqüente nas latitudes subtropicais do HS, no dia 11 de janeiro de 2004 um sistema deste tipo desenvolveu-se entre o litoral do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. As condições sinóticas associadas a esse sistema foram analisadas através de cartas de superfície e de altitude, e suas manifestações foram verificadas através de entrevista pessoal e informações de jornais.
Palavras-chave: nuvem vírgula, cartas de superfície, tornado

ABSTRACT
The cloud system inverted comma (South Hemisphere) although to develop itself in an area not very extensive (mesoescala), it presents conditions of very unstable time, also being able to develop storms in form of Tornado, where the winds are very strong with great destructive power. Although not to be very frequent in the subtropical latitudes of the HS, in day 11 of January of 2004 a system of this type was developed enters the coast of the Rio Grande do Sul and Santa Catarina. The synoptics conditions associates to this system had been analyzed through altitude and surface charts, and its manifestations had been verified through personal interview and periodical information.
Key-words: cloud comma, surface charts, tornado.

1. INTRODUÇÃO

No dia 11 de Janeiro de 2004, a região Sul do Brasil foi surpreendida por fortes temporais isolados acompanhados de trovoadas, chuvas fortes e intensas rajadas de vento, que ocorreram, principalmente na faixa litorânea atingindo vários municípios do nordeste do Rio Grande do Sul e do litoral de Santa Catarina. Essa instabilidade foi originada por um sistema tipo *nuvem vírgula*, de ocorrência pouco comum sobre o sul do País.

A imagem de satélite, figura 1, mostra uma frente fria sobre o Oceano Atlântico e o sistema tipo nuvem virgula no litoral gaúcho.

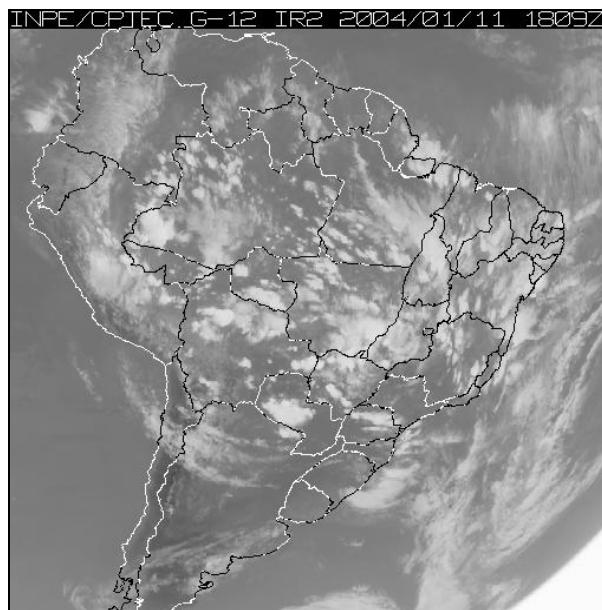



Figura 1-Imagem do satélite GOES-12 do canal infravermelho do dia 11/01/04 as 1809 GMT

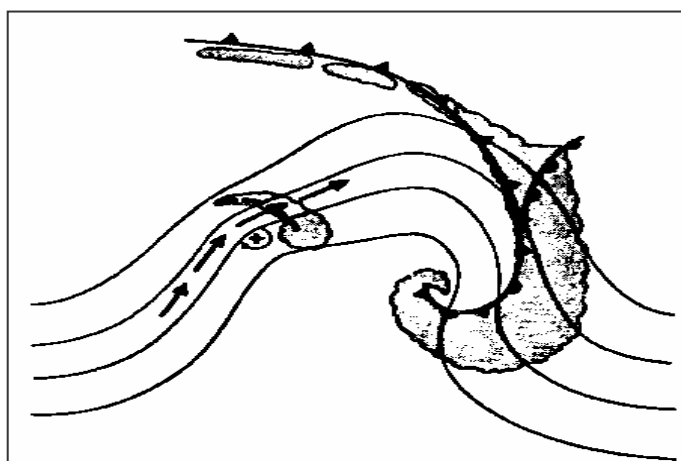
O sistema tipo nuvem virgula (invertida no Hemisfério Sul), é um distúrbio de escala subsinótica, que se forma em baixos ou médios níveis dentro da massa de ar frio, na retaguarda de um sistema frontal, causando redução da pressão em superfície, onde se verifica um cavado ou até mesmo uma baixa pressão bem definida (Figura 2).

(Fonte: Revista Climanálise especial 10 anos)

Figura 2 - Representação esquemática de uma nuvem vírgula invertida e uma banda frontal principal, (adaptado para o hemisfério sul).

Esse sistema pode provocar chuva intensa mesmo quando se forma sobre o continente. Carlson (1980) ressalta que o formato de uma vírgula na fase madura não deve

ser confundido com outros distúrbios de mesmo padrão, como por exemplo, os ciclones extratropicais.

Em superfície o centro da baixa pressão é localizado abaixo da cabeça da virgula. Um cavado à superfície se estende invariavelmente sob a extremidade de sua cauda (Reed 1979) e a escala horizontal deste sistema varia entre 500 e 1500 km.

Apesar de serem distúrbios que manifestam-se a superfície, estão em geral associados com um máximo de vorticidade ciclônica nos altos níveis, sendo por isso denominado também por alguns cientistas americanos de "upper level vorticity maxima".

O ciclo de vida de uma nuvem virgula, desde sua fase inicial até a dissipação é de aproximadamente dois dias.

Este trabalho tem como objetivo analisar as condições de tempo em diversos níveis da atmosfera, associadas ao sistema tipo nuvem vírgula observado no dia 11/01/04, levando-se em consideração as cartas sinóticas de superfície e as sondagens aerológicas, bem como mostrar através de relatos pessoais e notícias de imprensa o poder de destruição do referido sistema.

2. METODOLOGIA

A metodologia de análise empregada neste trabalho levou em conta a manifestação do sistema virgula no (HS) no espaço e no tempo, através das diversas cartas sinóticas plotadas e analisadas.

A plotagem das condições dos aeroportos, através dos boletins denominados METAR, obtidos do site www.redemet.aer.mil.br, forneceu as características locais de direção e intensidade do vento, condições de tempo, nebulosidade, temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho e pressão atmosférica. As várias informações (METAR) plotadas em suas posições geográficas numa carta sinótica possibilitaram a análise feita através de "linhas de fluxo" com a finalidade de identificar os sistemas de alta e baixa pressão.

A análise de superfície, apresentando a cada hora sinótica o comportamento dos sistemas atmosféricos, especialmente as condições de tempo associadas à baixa pressão sobre o Sul do Brasil, representou o desenvolvimento e o deslocamento do sistema vírgula invertida no decorrer do dia. Mas, como neste caso, há manifestações atmosféricas muito pontuais e que naturalmente não foram observadas nas proximidades dos aeroportos, buscou-se informações, através de contatos pessoais e por meios de comunicação, de

possíveis danos materiais e até perdas humanas com o objetivo de verificar sua intensidade.

As condições da atmosfera superior foram analisadas através do comportamento do Jato Subtropical e do Índice K. O Jato Subtropical se caracteriza por ventos fortes em altos níveis que auxiliam no desenvolvimento da convecção em superfície. O Índice K aponta o comportamento da instabilidade atmosférica e é obtido através da equação (T 850 – T 500) + Td 850 - (T 700 - Td 700), onde T é a temperatura do ar e Td a temperatura do ponto de orvalho referente a um determinado nível da atmosfera; 850, 700 e 500 são os níveis padrões da atmosfera expressos em unidade de pressão (hPa) e eqüivalem respectivamente a 1500, 3000 e 5500 metros de altitude.

Para isso foram verificadas as sondagens aerológicas realizadas as 1200Z do dia 11/01/04 e 0000Z do dia 12/01/04, nas estações de altitude de Porto Alegre e Florianópolis, sob os números sinóticos 83971 e 83899, respectivamente, obtidas através do site www.weather.uwyo.edu.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No decorrer do dia 11 de Janeiro de 2004, uma frente fria encontrava-se sobre o litoral Sudeste Brasileiro e uma alta pressão no litoral Sul do Brasil, posicionada em aproximadamente 30°S e 40°W. Uma baixa pressão formou-se no início do dia no sul do Rio Grande do Sul e deslocou-se lentamente para nordeste, atingindo o litoral centro-sul de Santa Catarina à noite.

A evolução do sistema, no dia 11, é mostrada através das cartas sinóticas das 09, 12, 15, 18 e 21 GMT.

As 09 GMT, 07:00 h local (horário de verão), uma frente fria se encontrava sobre o litoral da Região Sudeste e uma alta pressão de 1014 hPa em aproximadamente 30°S e 40°W. Uma baixa pressão de 1006 hPa, localizava-se ao sul do Rio Grande do Sul. Associada a essa baixa havia muitas nuvens no litoral do Paraná e de Santa Catarina e centro-leste do Rio Grande do Sul. Apesar da baixa pressão, os ventos encontravam-se fracos 2 a 5 Kt (1 Kt(nó) = 1,852 Km/h)**,** na maior parte das estações meteorológicas. Apenas em Uruguaiana (sudoeste gaúcho) os ventos estavam mais intensos apresentando 15 Kt (Figura 3).

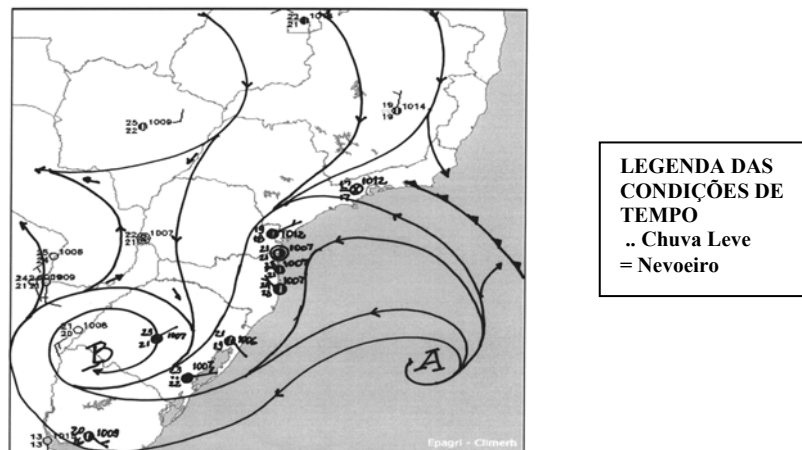
Até este momento não havia sido observada nenhuma manifestação importante do sistema, apenas chuva em Pelotas, conforme a informação do boletim METAR plotada na figura 3.

Análise: Maurici Monteiro

Figura 3 - Carta Sinótica das 09 GMT do dia 11

As 12 GMT, 10:00 h local, a frente fria continuava sobre o litoral da Região Sudeste e a alta pressão em aproximadamente 30°S e 40°W. A baixa pressão localizava-se no centro-leste do Rio Grande do Sul, mantendo os ventos fracos na maioria das estações meteorológicas. Em Uruguaiana, local de ventos mais fortes, apresentava 20 Kt. A nebulosidade continuava intensa no litoral do Paraná e de Santa Catarina e centro-leste do Rio Grande do Sul (Figura 4).

Entre as 09 e 12 GMT não havia sido observada nenhuma manifestação importante do sistema, apenas trovoada com chuva em Pelotas, conforme a informação do boletim METAR plotada na figura 4.

.

LEGENDA

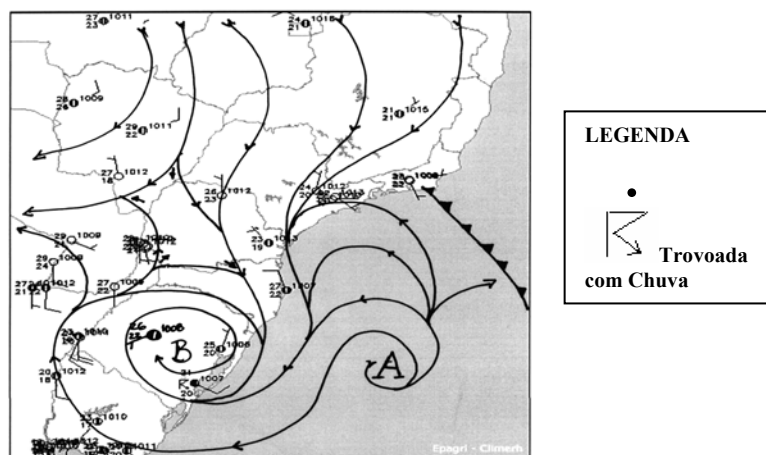
Trovoada com Chuva

Análise: Maurici Monteiro

Figura 4 - Carta Sinótica das 12 GMT do dia 11

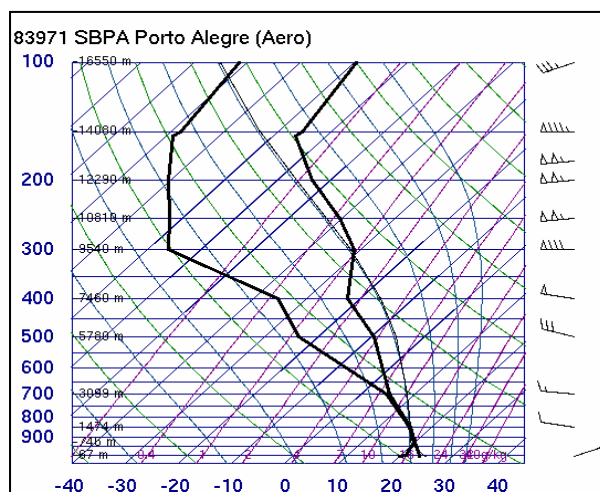
A análise realizada na sondagem aerológica de Porto Alegre das 12 GMT do dia 11, indicava que o ar se apresentava muito úmido em baixos níveis. O vento à superfície era de leste com fraca intensidade (5 KT). A partir da superfície passou a soprar de oeste com forte intensidade, principalmente acima de 400 hPa, onde variou de 50 a 105 KT (93 a 195 Km/h), conforme a figura 5. A direção oeste com essa intensidade caracterizou a presença de Jato subtropical sobre a região. O índice K apresentou valor igual a 41, indicando forte instabilidade. Com esse valor é previsto ocorrer Cumuloninbus (CB's) numerosos (COMAER, 2000), ou seja, pode ocorrer cobertura do céu com 5 a 7/8 de CB's.

Fonte: www.weather.uwyo.edu

Figura 5 – Sondagem de Porto Alegre das 12 GMT do dia 11

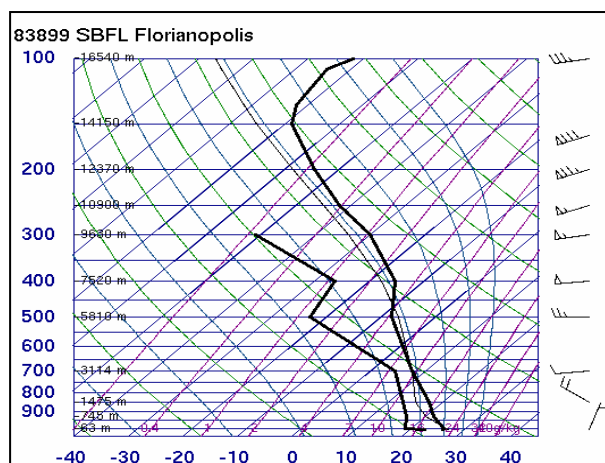
Na sondagem de Florianópolis das 12 GMT do mesmo dia, o ar encontrava-se úmido nos baixos níveis. Os ventos estavam fracos à superfície, soprando de NE com 5 KT (aproximadamente 9 Km/h). A partir da superfície, passou a soprar de oeste com forte intensidade, principalmente acima de 400 hPa, com valores entre 50 e 80 KT (93 a 148 Km/h), caracterizando a presença de Jato Subtropical sobre a região. O índice K apresentou valor de 35, indicando ar instável, podendo ocorrer Cumuloninbus esparsos (COMAER 2000), ou seja, 3 a 4/8 de CB's.

Fonte: www.weather.uwyo.edu

Figura 6 – Sondagem de Florianópolis das 12 GMT do dia 11

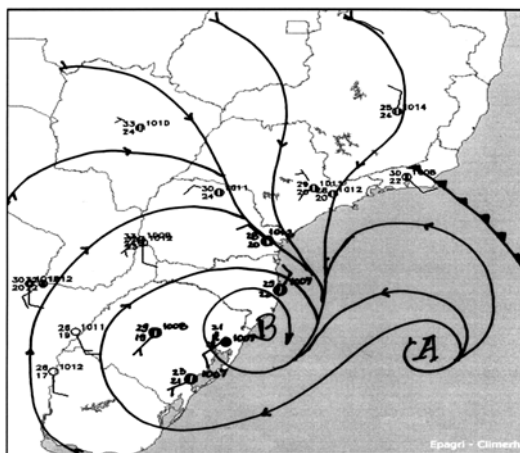
As 15 GMT 13:00 h local, a frente fria e a alta pressão se encontravam na mesma posição, mas a baixa pressão se localizava entre o litoral Norte do RS e Sul de SC. Os ventos ficaram mais intensos apresentando rajadas de 10 Kt em Porto Alegre. A nebulosidade continuou intensa nas mesmas regiões (Figura 7).

Análise: Maurici Monteiro

Figura 7 - Carta Sinótica das 15 GMT do dia 11

Neste horário, o sistema começou a manifestar-se mais intensamente. No dia 11 de Janeiro, o balneário Quintão, em Palmares do Sul, no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, foi atingido por um *tornado* às 12h50min. As rajadas de vento, com velocidade entre 80 e 100 quilômetros por hora, deixaram um rastro de destruição em uma extensão de aproximadamente 500 metros. Cerca de 40 casas de veraneio foram destelhadas e uma ficou parcialmente destruída, deixando saldo de três pessoas levemente feridas (Jornal Correio do Povo,12/01/04).

Ainda segundo a mesma fonte, os veranistas Márcia Regina Teixeira Brito, Iran Nunes e Zenite Bertolla, atingidos por estilhaços de telhas, foram medicados no posto de saúde municipal. O fenômeno também provocou danos em três automóveis, além de derrubar postes, fios de alta-tensão e um transformador, deixando os veranistas e os moradores da praia sem energia elétrica.

Os danos foram registrados nas avenidas Esparta e Atenas e nas ruas Alegrete, Bispo Luiz de Nadal, Almirante Barroso, Plácido de Castro, Marquês de Tamandaré, Pelotas, Arlindo Bildauer e Amadeo Rossi. “*Foi tudo muito rápido. O céu escureceu rapidamente, como se estivesse anoitecendo, e veio o vento levando tudo de arrasto*”, relatou a comerciante Juliana Crusius, 23 anos. O aposentado Olívio Lançanova, 60, contabilizou 200 telhas arrancadas. “*Foi horrível*”, atestou. As equipes da Defesa Civil de Palmares do Sul passaram a tarde realizando levantamento dos prejuízos. No mesmo dia, a prefeitura enviou relatório parcial das perdas à Defesa Civil do Estado (Jornal Correio do Povo, 12/01/04).

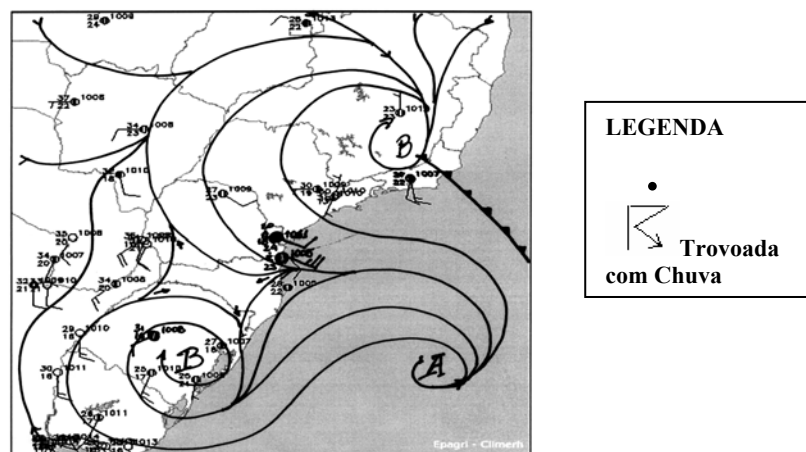
As 18 GMT, 16:00 h local a frente fria, sobre o litoral Sudeste Brasileiro, estava associada a uma baixa pressão sobre o leste mineiro. A alta pressão continuava posicionada no mesmo local e a baixa pressão no leste do Rio Grande do Sul. No litoral de Santa Catarina e do Paraná, desenvolveu-se um cavado invertido originando trovoada com chuva em Joinville e Curitiba. Os ventos ficaram intensos na Região Sul, com rajadas de 25 Kt em Joinville (Figura 8). A partir deste momento é que, segundo os relatos mostrados adiante, apareceram os primeiros sinais de tempo mais violento, relacionados com o sistema tipo nuvem virgula.

Análise: Maurici Monteiro

Figura 8 - Carta Sinótica das 18 GMT do dia 11

Em Santa Catarina a manifestação do sistema ocorreu a partir da tarde do dia 11, com registro de vários temporais isolados, inclusive com a possível formação de um tornado.

Localidades situadas no Sul do estado, como Tubarão, Laguna, Arroio do Silva e Urussanga, sofreram danos devido ao fenômeno ocorrido no dia anterior.

No interior de Tubarão, segundo a mesma fonte, alguns postes foram derrubados pela força do vento. Em Capivari de Baixo, algumas residências foram destelhadas. A chuva e o forte vento, também destelharam casas e derrubaram postes em Urussanga e Arroio do Silva, deixando alguns bairros sem luz.
Na BR-101 e na SC-446, em Urussanga, árvores foram arrancadas e jogadas no meio da rodovia. (A NOTICIA, 12/01/04).

Em Cabeçudas possivelmente ocorreu a formação de um *tornado*, conforme a descrição do Dr. Nazareno José de Campos, professor do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), presente no local no dia 11.

"*Até aproximadamente 16:00h daquele dia, o tempo estava aberto, com ventos normais que costumeiramente ocorrem nessa época do ano naquela região, com domínio de ventos de NE. Em pouco tempo, o céu, na direção da Lagoa de Imaruí para o oceano, escureceu rapidamente. Precedido de uma calmaria marcante, a água da Lagoa ficou totalmente parada, sem qualquer sinal de ondulação e ao mesmo tempo a maré vazou muito (mais do que o normal) com extrema rapidez (como se a água estivesse sendo sugada de alguma forma). Então que se percebe, vindo da Lagoa, um vento extremamente forte em forma de turbilhão, como se fosse um tufão, destruindo telhados, derrubando postes (ficamos todo aquele resto de dia e noite sem luz elétrica), quebrando e arrastando árvores de grande porte, além de virar, sobre a ponte de Cabeçudas, um caminhão-baú, impedindo o trânsito na BR101 por cerca de 5 horas. O detalhe interessante foi que, com a chegada do vento, a maré, que tão rapidamente havia vazado, enche na mesma rapidez.*

Muitas telhas, madeiras e galhos de árvores não foram mais encontradas, significando que foram carregadas para muito distante do local. Além de Cabeçudas (que às margens da Lagoa de Imaruí) outros lugares em direção a Laguna também sofreram o problema, numa certa faixa e seguindo na mesma direção.

Tudo isso se deu com muita rapidez, ocorrendo em alguns minutos, e o tempo voltando ao normal logo em seguida.

Por fim, não sei se esta informação interessa, mas algo que chamou atenção foi o fato de que uma certa quantidade de latas (de refrigerante, cervejas) que estavam dentro

de um balde na rua, simplesmente saíram voando em forma de espiral, não se achando mais parte delas".

Apesar dos maiores estragos terem ocorrido na parte sul do estado, também houve danos na região de Joinville, Jaraguá do Sul e Blumenau, onde casas sofreram avarias e árvores foram derrubadas, conforme A NOTICIA 12/01/04.

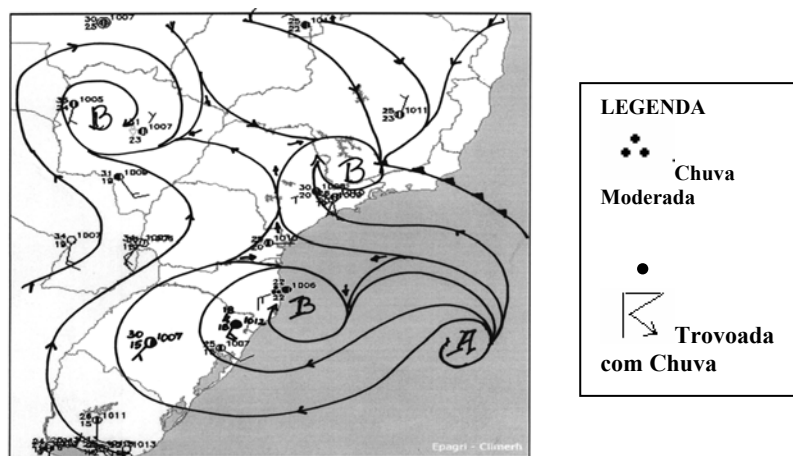
As 21 GMT, 19:00 h local**,** a frente fria continuava associada a baixa pressão a sudeste de Minas Gerais. A alta pressão mantinha posição, 30°S e 40°W, mas a baixa pressão estava em deslocamento para o oceano a partir do litoral Sul catarinense. A nebulosidade mais intensa estava sobre o nordeste do Rio Grande do Sul e Sul de Santa Catarina, com registros de trovoada e chuva em Caxias do Sul e chuva moderada em Florianópolis conforme a informação do boletim METAR plotada na figura 9.

Análise: Maurici Monteiro

Figura 9 - Carta Sinótica das 21 GMT do dia 11

A análise da sondagem noturna de Porto Alegre mostrava que o ar apresenta-se muito úmido, mais próximo á superfície. Os ventos variaram de sudeste a nordeste, apresentando-se mais fortes a partir de 700 hPa, com valores variando de 25 a 50 KT (46 a 93 Km/h).

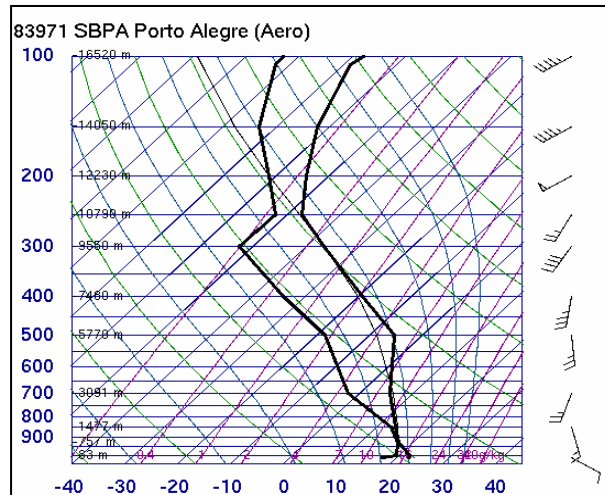
A atmosfera se apresentava menos instável, com valor do índice K igual 23,8 indicando Cumuloninbus isolados (COMAER 2000).

Fonte: www.weather.uwyo.edu

Figura 10 – Sondagem de Porto Alegre das 00 GMT do dia 12

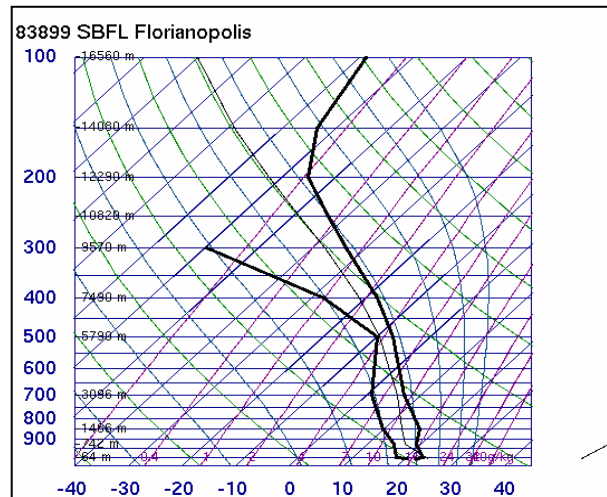
Na sondagem noturna de Florianópolis, o ar continuava úmido. O índice K tinha valor igual a 27,5 indicando ar instável podendo ocorrer Cumuloninbus esparsos (COMAER 2000), ou seja, 3 a 4/8 de cobertura do céu por CB's. Não houve monitoramento do vento nesta sondagem, conforme figura 11.

Fonte: www.weather.uwyo.edu

Figura 11 – Sondagem de Florianópolis das 00 GMT do dia 12.

4. CONCLUSÃO

Entre os diversos sistemas que atuam sobre a região Sul, o sistema do tipo nuvem virgula invertida, que apesar de não se destacar significativamente em imagens de satélite, conforme a figura 2, apresenta-se com forte instabilidade, tanto em superfície quanto em

altitude, com grande poder de destruição, caracterizando-se inclusive pela formação de *tornados*.

A manifestação deste tipo de sistema é bem localizada e somente uma rede de estações meteorológica mais densa poderia trazer mais apoio à pesquisa e previsão de um fenômeno como este, além de facilitar o desenvolvimento de uma climatologia, evitando com isso maiores perdas materiais e humanas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARLSON, T., 1980: Airflow through midlatitude cyclones and the comma cloud pattern. **Mon. Wea. Rev.**, 108, 1498-1509.

CLIMANÁLISE ESPECIAL-EDIÇÃO COMEMORATIVA DE 10 ANOS. CPTEC/INPE, 1996. **Sistemas do Tipo Nuvem Vírgula**; COMANDO DA AERONÁUTICA (COMAER, 2000). Cartas, códigos e símbolos meteorológicos. EEAr, Guaratinguetá-SP.

JORNAL A NOTICIA, edição do dia 12/01/04;

JORNAL CORREIO DO POVO, edição do dia 12/01/04.

OLIVEIRA, I. P. V. **Distribuição Espaço-Temporal e Análise de Tornados em Santa Catarina no Período de 1975 a 2000**. Florianópolis: UFSC, 2000;

REED, R. J., 1979: Cyclogenesis in polar air streams. **Mon. Wea. Rev.**, 107, 38-107.

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO ASSOCIADA AO CICLONE CATARINA VIA SENSORIAMENTO REMOTO

RODRIGO GEVAERD[1]
FABRÍCIO VASCONCELOS BRANCO[1]
PEDRO LEITE DA SILVA DIAS[1]
MARCOS LONGO[1]

[1]Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
Universidade de São Paulo
Rua do Matão 1226, 05508-900, São Paulo, SP, Brasil.
{rodrigo, fabrício, pldsdias, marcos}@master.iag.usp.br.

GEVAER, R.; BRANCO, F. V.; DIAS, P. L. S.; LONGO, M. Análise da precipitação associada ao Ciclone Catarina via sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 614-627. (CD-ROM)

RESUMO
Neste trabalho é feita a análise da distribuição de precipitação associada ao ciclone Catarina, baseado em dados estimados via satélite (TRMM). Três parâmetros são fundamentais para explicar a evolução da taxa de precipitação destes sistemas: a temperatura da superfície do mar, o perfil vertical médio do vento na atmosfera e interação com a topografia. O ciclone analisado configurou-se como circulação ciclônica no dia 24 de março de 2004. Houve o surgimento de um "olho" na tempestade em seu desenvolvimento e os danos causados à região costeira do sul do Brasil entre os dias 27 e 28 indicaram ventos de até 150 km/h. A análise da precipitação revelou a existência de um ciclo diurno e forte interação com regiões montanhosas no sul do Brasil nos instantes finais do evento.
Palavras-chave: ciclone Catarina, ciclogênese, precipitação.

ABSTRACT
A description of the observed precipitation pattern during the Catarina cyclone episode is provided in this paper. TRMM precipitation estimate combined with GOES IR data are used in this analysis as well as AVN/NCEP analysis. Two basic parameters are critical for explaining the time evolution of the precipitation pattern: the sea surface temperature (SST), the mean vertical profile of the wind field and the interaction of the cyclone with the topography after landfall. The cyclone was configured as a closed cyclonic circulation on the March 23th and the eye developed in the afternoon of the 25th and the damage at the coast was caused at landfall during the night of the 28th with estimated winds in excess of 150km/h. A distinct diurnal range of the precipitation is observed in the satellite analysis.
Key-words: Catarina cyclone, cyclogenesis, precipitation.

1. INTRODUÇÃO

Ciclones de latitudes médias (ciclones extratropicais) adquirem energia principalmente dos gradientes latitudinais de temperatura e estão freqüentemente associados a sistemas frontais. Já os ciclones tropicais são sistemas de baixa pressão que se alimentam da energia da evaporação da água do mar na presença de ventos intensos e baixas pressões na superfície, tendo a condensação associada às células convectivas em sua região central. A estrutura dos ventos também é diferente nos dois sistemas: no ciclone tropical o vento é mais intenso próximo à superfície devido ao núcleo quente na troposfera, ao passo que no ciclone extratropical os ventos mais intensos se situam próximos à tropopausa (núcleo quente na alta troposfera e frio na baixa troposfera). Em alguns casos,

se observam sistemas com características híbridas. Ambos tem início em um processo denominado ciclogênese.

Ciclogênese é o processo de abaixamento da pressão atmosférica e formação de circulação ciclônica (Cavalcanti, 1995). Em geral a ciclogênese é disparada por vórtices ciclônicos ou regiões com significativa advecção de vorticidade ciclônica em altos níveis. Estes vórtices em ar superior e os centros de baixa pressão em superfície podem promover o desenvolvimento de células de tempestade ao seu redor, com fortes ventos e precipitação associados. O desenvolvimento de ciclones pode ser dividido em quatro estágios (Figura 1): (1) onda, apresentado saliência na banda de nuvens; (2) formação do ciclone, passando pelos formatos de vírgula e gancho; (3) maturidade, com a nuvem espiralada em torno de um centro definido; (4) dissipação, com nuvens concentradas no centro do vórtice evoluindo para bandas circulares menos organizadas. É importante ressaltar que nem sempre os sistemas de baixa pressão produzem padrões de nuvens identificáveis como vórtices ciclônicos.

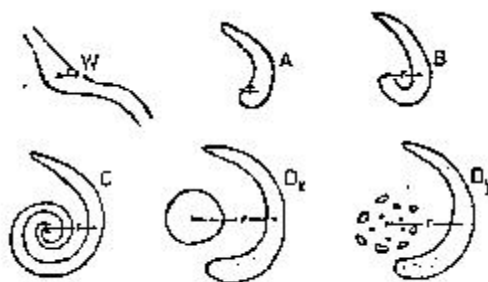



Figura 1. Estágios de desenvolvimento de um vórtice (Fonte: Cavalcanti, 1995).

Em baixos níveis, sua evolução é fortemente dependente do aquecimento próximo à superfície e do movimento vertical adiabático (Sutcliffe, 1947). No inverno, o principal processo de desenvolvimento de ciclones é a conversão de energia do estado básico para a perturbação (instabilidade baroclínica), enquanto que no verão estes sistemas dependem de instabilidade hidrodinâmica. A ligação entre ciclogênese e precipitação consiste em suprimento de umidade, que passa a possuir grande importância na própria dinâmica da ciclogênese.

Parte substancial da precipitação ocorrida em latitudes médias ocorre em eventos associados a ciclones extratropicais (Chen et al., 1996). Regiões montanhosas próximas à costa contribuem para os valores máximos de precipitação observados. Por meio de simulações numéricas do tufão Herb, em Taiwan, Elseberry (2002) analisou a interação

deste sistema com o relevo e obteve o máximo de 269 mm em 36 horas com a topografia incluída no modelo. Sem topografia este valor caiu para 40 mm.

Uma série de condições ambientais especiais é precursora para a ciclogênese tropical (HDR/NOAA, 2004): (1) águas oceânicas quentes (maior que 27ºC) em uma camada suficientemente profunda que alimentará a engrenagem térmica do ciclone tropical; (2) uma atmosfera com elevado resfriamento vertical, ou seja, potencialmente instável à convecção úmida; (3) camadas relativamente úmidas perto da média troposfera; (4) distância mínima da linha do Equador (força de Coriolis não desprezível); (5) distúrbio pré-existente próximo à superfície com vorticidade e convergência suficientes; (6) valores baixos de cisalhamento vertical do vento entre a superfície e a alta troposfera. A ciclogênese tropical no Atlântico Sul é improvável, em função da baixa temperatura do mar e forte cisalhamento vertical do vento.

Taljaard (1972) e Troup e Streten (1972) identificaram alguns padrões importantes: na América do Sul e Atlântico Sul (até 30ºW) metade das ciclogêneses acontecem ao norte de 35ºS; a maior parte daquelas formadas sobre o oceano ocorrem durante o verão, e sobre o continente ocorrem durante o inverno; as baixas quentes de superfície da região do Chaco tendem a se tornar sistemas ciclônicos desprendidos que se movem para leste, enquanto que ciclones extratropicais apresentam um deslocamento médio para leste e sudeste; considerando a ocorrência de ciclones sobre a América do Sul, 70% se formam na região entre 10º-55ºS e 0º-90ºW sendo o restante referente a sistemas migratórios com origem fora desta área, e entre estes 70% apenas 20% se forma na região do Pacífico Sul e 50% sobre o continente e Atlântico Sul; cerca de 90% dos casos tem influência no alinhamento de frentes frias (outono-inverno) ou em interação com sistemas convectivos (primavera-verão).

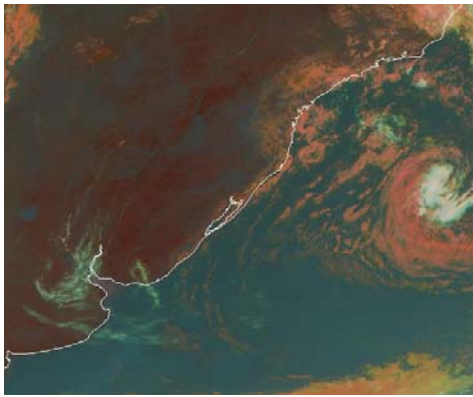
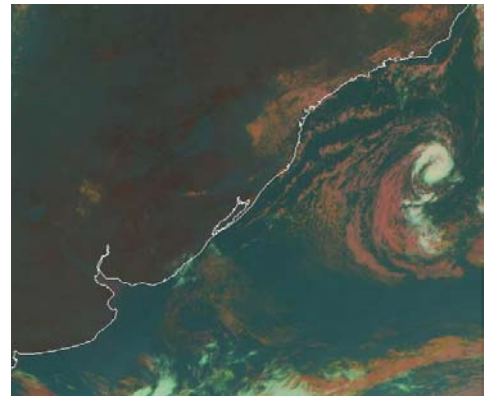
Através de imagens de satélite e cartas sinóticas de um período de 7 anos, Ferreira e Satyamurty (1989) investigaram a freqüência e desenvolvimento de ciclones. Na região entre 30º-70ºW e 15º-45ºS, durante janeiro de 1980 e dezembro de 1986, o número de ciclones que se formaram é cerca de 750, sendo 280 destes formados acima de 30ºS. Entre 15º-60ºS e 30º-70ºW para o período de observações, 800 vórtices neutros passaram sem nenhum desenvolvimento ou intensificação detectável. No ano de 1983, com a atividade do fenômeno El Niño, o número de ciclones subiu cerca de 25%, sendo que o principal aumento se deu ao norte de 30ºS, consistente com a precipitação acima do normal no mesmo ano no Sul do Brasil. Considerando as cartas sinóticas de superfície, foi possível

estimar uma velocidade média de deslocamento dos centros de baixa pressão de cerca de 13 m/s no inverno e 9 m/s no outono.

Gan e Rao (1991) concluíram, baseados em 10 anos de dados, que existe uma variabilidade sazonal consistente com as anomalias de precipitação: os anos de maior ocorrência de ciclogênese são os anos de maior ocorrência de chuva e estão associados a anos de El Niño (valores negativos do Índice de Oscilação Sul - IOS), ao passo que os anos de menor ocorrência de ciclogênese são os anos de menor ocorrência de chuva e estão associados a valores positivos do IOS.

1.1 Descrição do evento analisado

O ciclone analisado se formou a partir de uma pequena área de instabilidade a cerca de 1000 km da costa de Santa Catarina (Figura 2a), em aproximadamente 30ºS. O sistema configurou-se como circulação ciclônica no dia 24 de março, quando as nuvens assumiram o formato de vírgula invertida (Figura 2b). Gradualmente, as nuvens passaram a adquirir o formato espiralado em torno de um centro definido (Figura 2c), com posterior surgimento de uma região central sem nuvens na tarde do dia 25 de março ("olho do ciclone"), como visualizado na Figura 2d.

Durante o dia 26 (sexta-feira) o ciclone passou por um processo de intensificação e se deslocava com aproximadamente 20 km/h na direção do continente (Figura 2e). Navios próximos ao sistema informaram velocidades do vento de 70 a 90 km/h. No dia 27 (sábado) as primeiras bandas de nuvens do ciclone atingiram a costa (Figura 2f). A ação dos ventos sobre a Serra Geral Gaúcha e Catarinense intensificou as nuvens e produziu ventos ainda mais fortes.

(a) 23mar2004 – 14:45UTC

(b) 24mar2004 - 13:09UTC

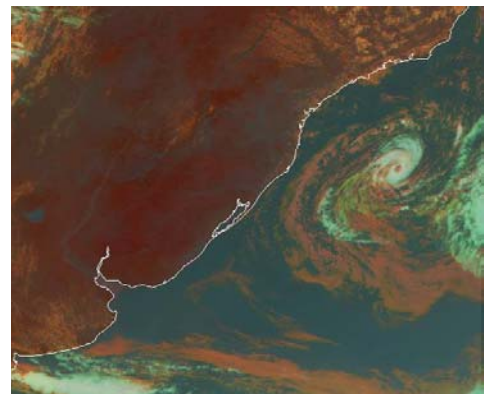
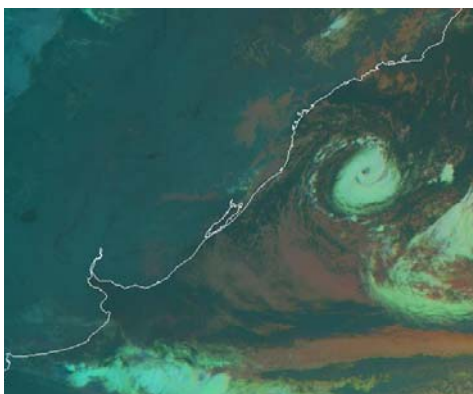
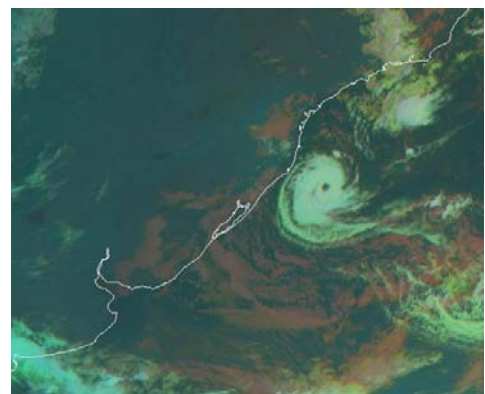
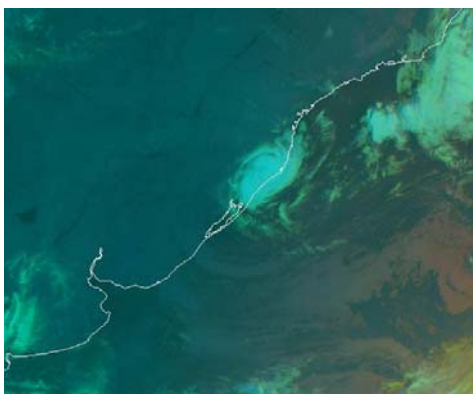
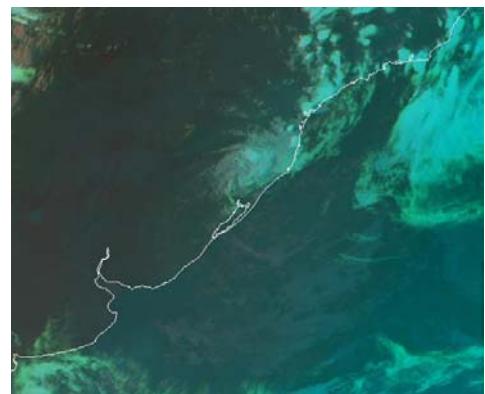
(c) 25mar2004 - 08:45UTC

(d) 25mar2004 - 17:39UTC

(e) 26mar2004 - 10:15UTC

(f) 27mar2004 - 11:09UTC

(g) 28mar2004 - 09:15UTC

(h) 28mar2004 - 20:39UTC

Figura 2. Imagens do satélite GOES-12 ilustrando a evolução do ciclone (Fonte: INPE).

Entre a noite do dia 27 e manhã do dia 28 o ciclone atingiu o litoral, desde a região de Florianópolis ao Nordeste do Rio Grande do Sul, ao mesmo tempo em que perdeu a configuração do "olho" (Figura 2g). Neste período foram observados ventos fortes e chuva intensa. Os danos causados permitiram inferir ventos máximos de 150 km/h. No decorrer do dia 28 o ciclone foi perdendo força até se dissipar (Figura 2h).

1.2 Análise sinótica do período

A Figura 3 contém a linha de corrente e temperatura em superfície às 12 UTC dos dias 24, 25, 26 e 27, proveniente de reanálises do NCEP. Fica evidente que os ventos mais intensos associados ao ciclone se situam em sua porção sudoeste, superando 15 m/s (50km/h). Além disto, a circulação ciclônica se mantém sob influência de regiões quentes em toda sua trajetória. Inicialmente, o centro da circulação fica sobre um núcleo relativamente frio, quando comparado às regiões vizinhas. À medida que se desloca, entretanto, se dirige diretamente a uma região mais aquecida em superfície e a circulação se define e intensifica.

A Figura 4 ilustra a série temporal do campo de pressão reduzida no nível do mar em 30°S. É possível traçar o deslocamento do sistema e sua variação de pressão. Os valores mínimos ocorrem em sua gênese e aumentam progressivamente até o dia 26, quando a pressão volta a diminuir registrando novo mínimo na manhã do dia 27. A partir desta data o sistema decai e se dissipa.

Os perfis verticais de componente vertical da vorticidade relativa média em 30ºS entre 60^{o}W e 30^{o}W são mostrados na Figura 5. Neles é possível identificar características distintas durante a evolução do sistema, possibilitando classificá-lo como híbrido (ciclone subtropical). Nos seus instantes iniciais, é possível observar o sistema apresentado giro ciclônico em toda a coluna atmosférica, característica típica de ciclones extratropicais. Entre os dias 26 e 27, fase final do sistema, houve mudança no sinal da vorticidade em níveis altos, que ocorre normalmente em ciclones tropicais. Este padrão persistiu até o decaimento do sistema.

2. METODOLOGIA

Foram utilizados dados globais de estimativa de precipitação por satélite (TRMM[1]), com resolução espacial de aproximadamente 30 km (Huffman, 1995). O TRMM é baseado

[1] Tropical Rainfall Measurement Mission (ftp://198.118.195.57/pub/merged/mergeIRMicro/)

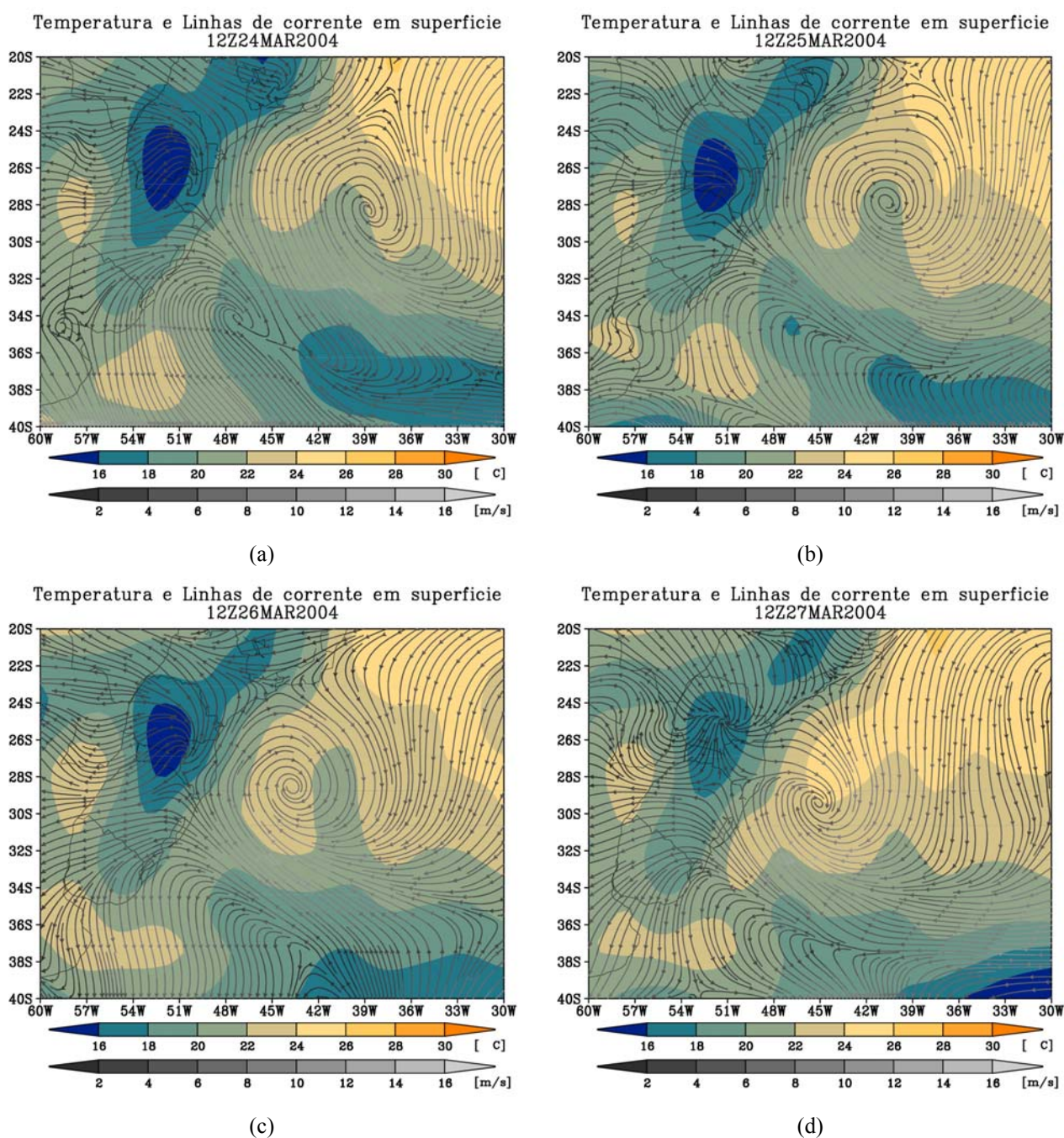



Figura 3. Temperatura e linha de corrente em superfície às 12UTC dos dias 24, 25, 26 e 27 (Fonte: NCEP).

em um programa de cooperação entre Estados Unidos e Japão para monitoramento da precipitação e estudos hidrológicos. São fornecidos dados sistemáticos obtidos a partir da combinação de três instrumentos: totalizador de microondas (TMI), varredor infravermelho visível (VIRS) e um fotorreceptor. O TMI informa o índice integrado da precipitação na coluna, água e gelo na nuvem e intensidade de chuva. O VIRS fornece informações sobre a cobertura e tipo de nuvens e de picos de temperatura na camada de nebulosidade. O fotorreceptor é um radar operando em 13,8 GHz que mede a distribuição tridimensional da

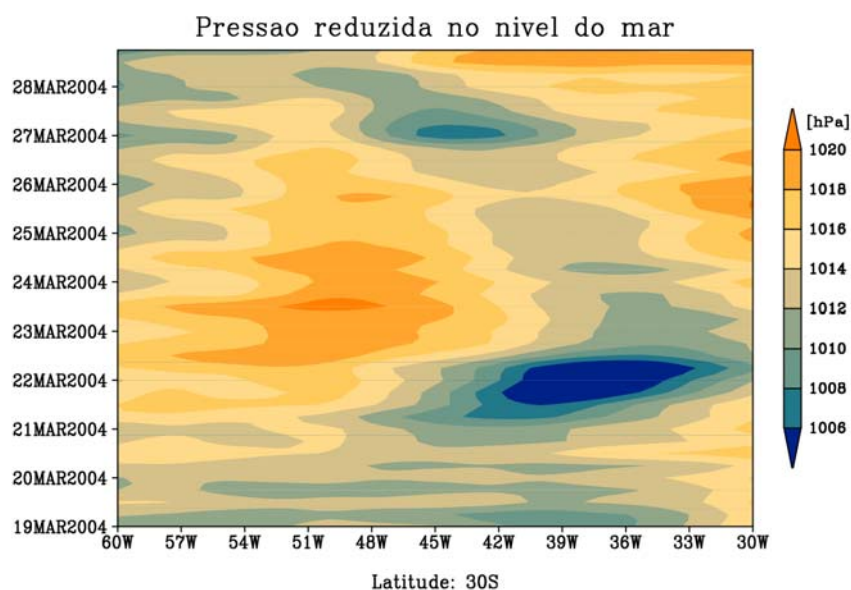



Figura 4. Série temporal da pressão reduzida ao nível do mar (hPa). Fonte: NCEP.

chuva sobre a terra e oceano e define a profundidade da camada de precipitação. Radares de superfície atuam na validação do conjunto de dados fornecidos. Como se trata de um satélite de órbita polar, a precipitação com domínio global (subproduto 3B42) é conseguida combinando os dados anteriores com as estimativas baseadas em satélites geoestacionários (GPI[2]), com calibração viabilizada pela existência dos dados do TRMM.

Para os dados de temperatura de superfície do mar utilizou-se a TSM observada semanal do NOAA/NCEP (2004), baseada em medições diretas e estimativas por sensoriamento remoto, com resolução de 1º.

A Figura 6 apresenta a comparação entre a imagem de satélite e a estimativa de precipitação global do TRMM, acumulada nas 3 horas anteriores, juntamente com a isolinhas de TSM. As cores utilizadas nas imagens de satélite fazem referência à temperatura do topo das nuvens, com cores mais frias representando temperaturas mais baixas (variando de -30ºC a -70ºC). Vê-se que as estimativas de precipitação estão coerentes com a banda de nebulosidade e profundidade dos sistemas (quanto mais profundo o sistema, mais baixa a temperatura de seu topo e maior a precipitação produzida). Com relação com a TSM, observa-se um gradiente orientado zonalmente com temperaturas entre 26 e 27ºC. Quando o sistema atinge 45ºW (dias 26 e 27) os valores TSM são maiores (gradiente alongado meridionalmente) ao mesmo tempo em que se intensifica, como mostrado anteriormente na análise sinótica.

---

[2] Geostationary Operational Environmental Satellite Precipitation Index.

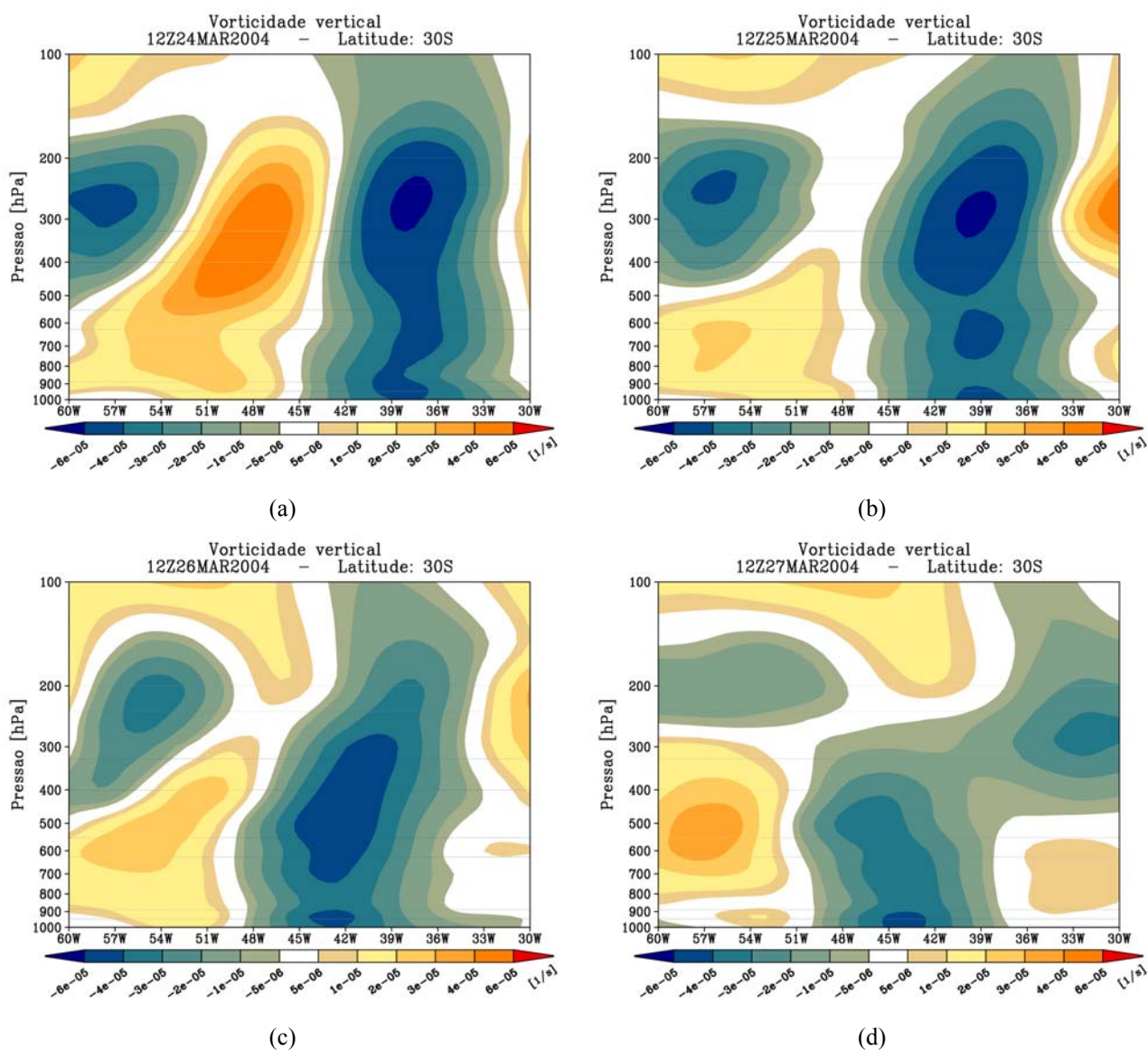



Figura 5. Perfil vertical da componente vertical da vorticidade relativa média em 30ºS às 12 UTC dos dias 24, 25, 26 e 27 (Fonte: NCEP).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise do ciclo diurno da precipitação

A Figura 7 contém a série temporal da precipitação média em uma área fixa centrada no sistema (e que só envolve a precipitação deste) a cada 3 horas. É possível observar um ciclo diurno definido, sobretudo nos primeiros dias. A partir do dia 26

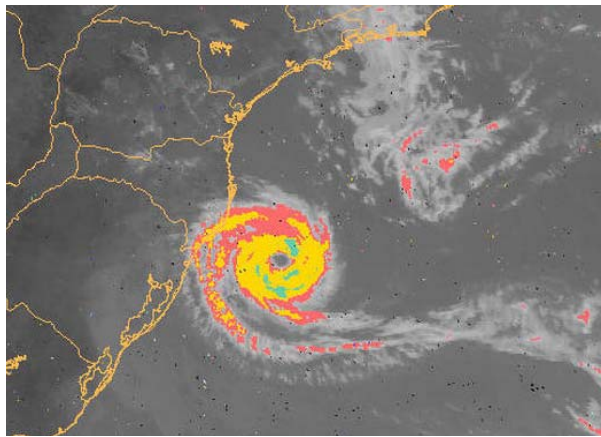
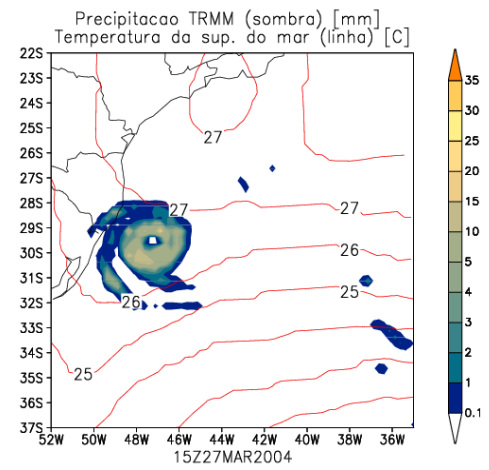
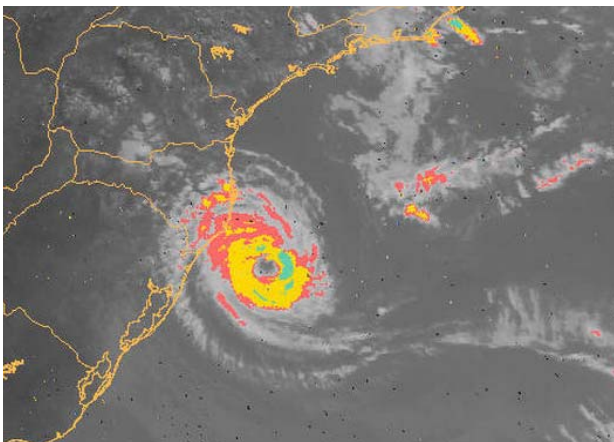
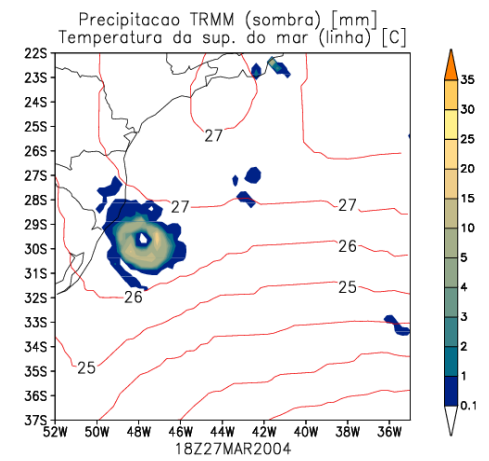
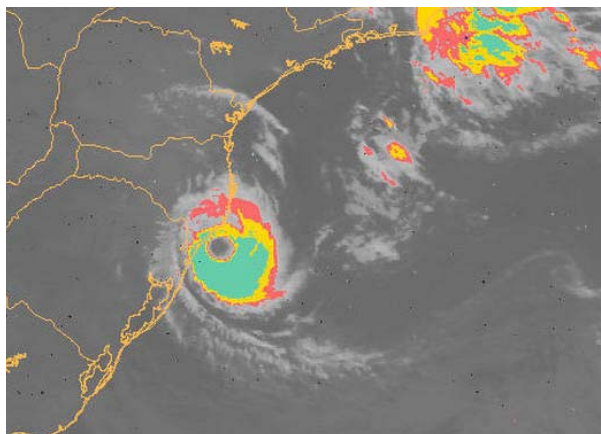
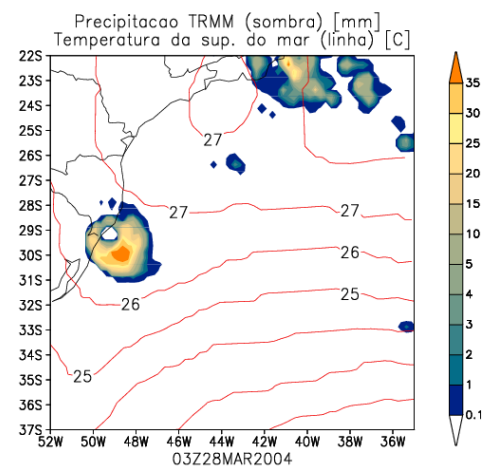



Figura 6. Imagens de satélite (à esquerda) e estimativas de precipitação (à direita) em três instantes distintos do ciclone.

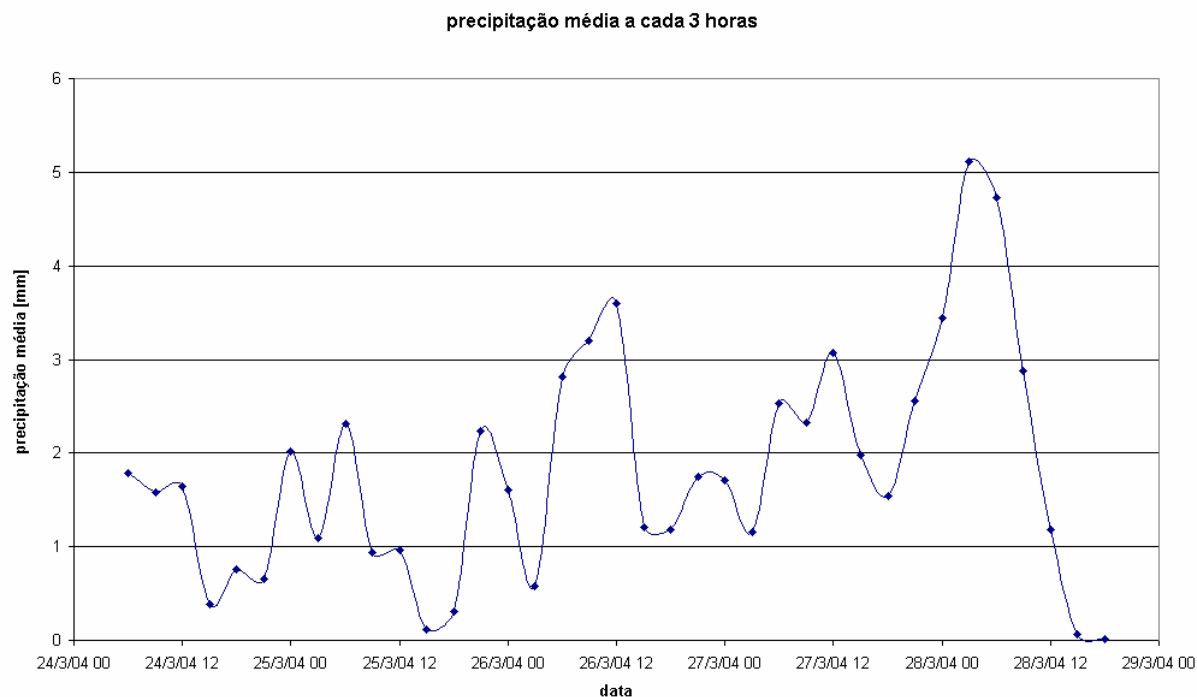



Figura 7. Série temporal da precipitação média a cada 3 horas.

observa-se alguma alteração no ciclo. Entre os dias 28 e 29 o sistema alcança o máximo de precipitação, pois o sistema já atingia o continente. Nos instantes seguintes, já sem sua fonte de energia básica (calor de evaporação do oceano), o sistema entra rapidamente em fase de dissipação.

Para avaliar o ciclo diurno da precipitação foi produzido um conjunto de histogramas (Figura 8) dos pontos vizinhos do centro do ciclone em função do cada horário do dia. Estes pontos foram escolhidos como aqueles pertencentes a um domínio regular e fixo envolvendo toda a precipitação atribuída ao sistema, centrado na nuvem vírgula ou no "olho" do sistema quando já existente. Os valores iguais a zero no interior deste domínio foram desconsiderados.

Analisou-se inicialmente o período entre 24 e 28 de março. É evidente a freqüência maior de valores baixos de precipitação. No entanto, esta freqüência varia ao longo do dia, evidenciando um ciclo diurno. O estreitamento do espectro observado aproximadamente às 4 UTC e 15 UTC evidencia um período de chuva predominantemente estratiforme (muitos pontos de grade registrando precipitação baixa e convergindo a um mesmo valor, ou seja, espacialmente uniforme). Por outro lado, o alargamento do espectro observado próximo às 9 UTC e às 00 UTC evidencia os períodos de maior intensidade de chuva, mais convectivos (espectro heterogêneo, com uma parcela maior dos pontos de grade

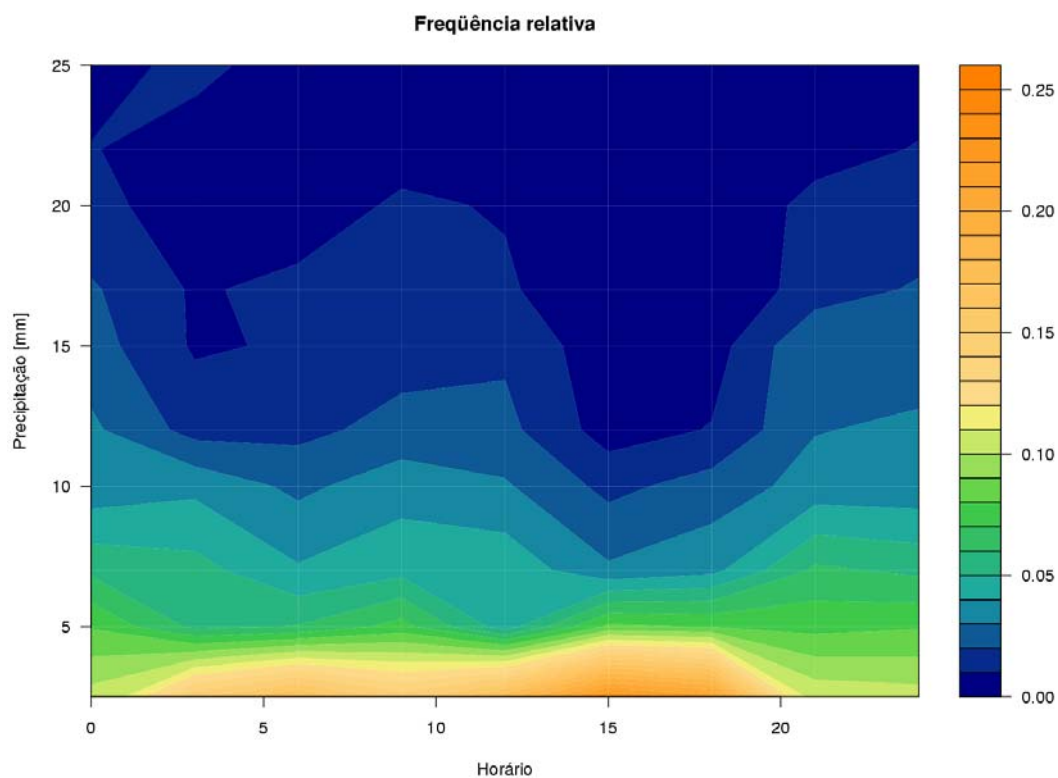



Figura 8. Histograma da precipitação (mm) em função de cada horário sinótico entre os dias 24 e 28.

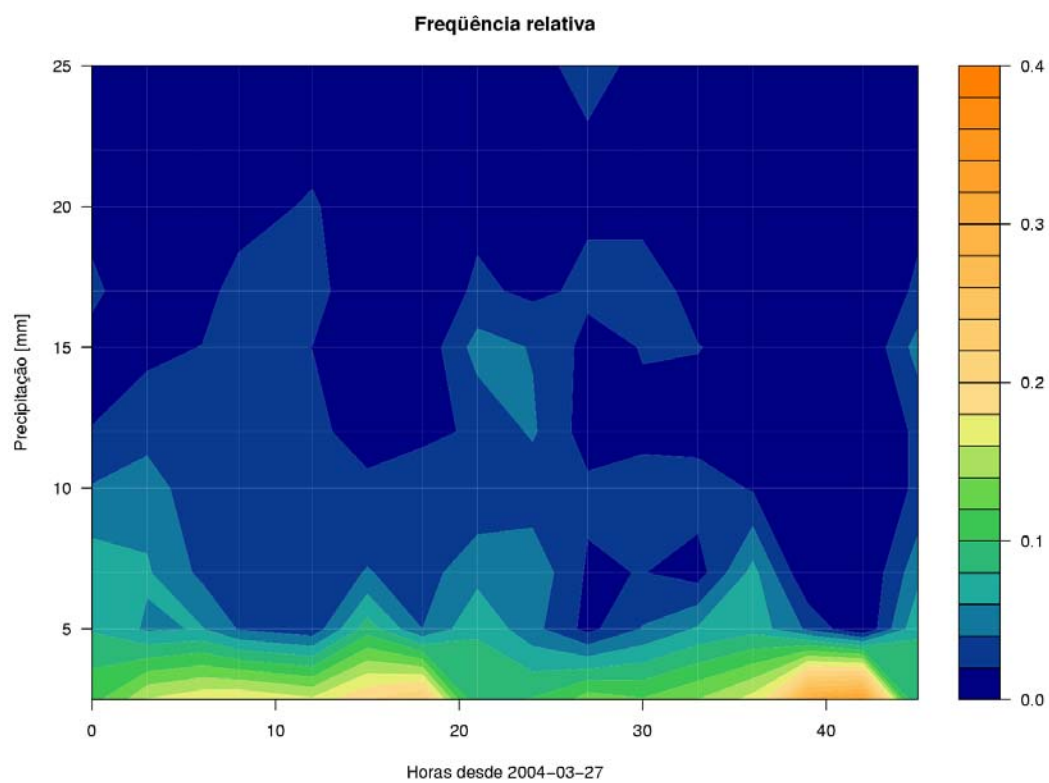



Figura 9. Série temporal dos histogramas a partir de 27 de março de 2004.

registrando valores elevados de precipitação). Entre 21 UTC e 00 UTC ocorrem os núcleos mais intensos. De uma forma geral, a freqüência de núcleos intensos de precipitação acumulada foi maior durante a noite (após 21 UTC), e mínima no final da manhã (próximo às 15 horas).

A Figura 9 é similar a anterior, porém considerando os dados a partir do dia 27 somente, quando o sistema atinge águas mais quentes e atinge o continente (notar que a escala de valores é diferente). A partir deste dia se verificou comportamento semelhante ao apresentado na Figura 8, com mínimo de pontos com taxa elevada de precipitação durante o final da manhã (por volta de 15 horas) e maior freqüência de taxas mais elevadas de precipitação a partir de 21 horas. Entretanto, após 27 horas (03UTC do dia 28), o ciclone alcança o continente, e rapidamente o ciclone entra no estágio de dissipação. Tal característica é verificada pelo aumento significativo da freqüência relativa de valores baixos de precipitação associada à ausência de ocorrências de precipitação superiores a 10 mm[3].

O fato de o gradiente de TSM se alterar nos mesmos instantes em que o sistema interagia com o continente dificulta a análise individual da influência deste parâmetro na precipitação produzida. Dados mais realistas e com melhor resolução de TSM facilitariam esta análise. Além disto, os dados aqui utilizados não registram variações diurnas. O método adotado não mostrou correlação entre a intensidade da precipitação e a TSM.

4. CONCLUSÕES

Foi possível acompanhar a evolução da precipitação produzida pelo episódio Catarina. O esperado ciclo semidiurno foi evidenciado. Os máximos de chuva eram alcançados no período noturno, e os mínimos no final da manhã. Os valores de máxima precipitação ocorrem imediatamente após o ciclone atingir o continente, enfraquecendo logo em seguida.

A correlação com a TSM não mostrou resultados relevantes e novos procedimentos devem ser adotados para investigações futuras.

5. REFERÊNCIAS

CAVALCANTI, I. F. A. **Ciclones extratropicais, IV curso de interpretação de imagens e análises meteorológicas**, UNIVAP, São José dos Campos, 1995.

[3] No instante final (48 horas) verificam-se valores mais elevados, que não estão associados ao ciclone.

CHEN, T. C.; YEN, M. C.; SCHUBERT, S. Hydrologic processes associated with cyclone systems over the United States. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, v. 77, n. 7, 1996.

GAN, M. A.; RAO, V. B. Surface cyclogenesis over South America. **Mon. Wea. Rev.**, v. 119, p. 1293-1302, 1991.

ELSBERRY, R. Predicting hurricane landfall precipitation. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, v. 83, n. 9, p. 1333-1339, 2002.

HUFFMAN, G. J.; ADLER, R. F.; RUDOLF, B.; SCHNEIDER, U.; KEEHN, P. R. Global precipitation estimates based on a technique for combining satellite-based estimates, rain gauge analysis, and NWP model precipitation information. **J. Climate**, v. 8, p. 1284-1295, 1995.

SATYAMURTY, P.; FERREIRA, C. C.; GAN, M. A. Cyclonic vortices over South America, **Tellus**, v. 42A, p. 194-201, 1990.

SUTCLIFFE, R. C. A contribution to the problem of development. **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.**, v. 73, 370-383, 1947.

TALJAARD, J. J. Synoptic meteorology of the southern hemisphere. **Meteor. Monographs**, v. 13, n. 139-213, 1972.

TROUP, A. J.; STRETEN, N. A. Satellite observed cloud vortices over southern hemisphere. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, v. 52. n. 7, p. 642-647, 1971.

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE POISSON PARA A OCORRÊNCIA DE GRANIZO NA REGIÃO DE PELOTAS

NÉLIA KAINARA R. CARDOSO[1]
FÁBIO ULLMANN F. DE LIMA[1]
SIMONE VIEIRA DE ASSIS[2]

[1]Programa Especial de Treinamento/FAC.MET/UFPel Pelotas
[2]Depto de Meteorologia/FAC MET/UFPel Pelotas, RS 96010-900
nkai@bol.com.br,clavert@bol.com.br,assis@ufpel.edu.br

CARDOSO, N. K. R.; LIMA, F. U. F.; ASSIS, S. V. Análise da distribuição de Poisson para a ocorrência de granizo na região de Pelotas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 628-632. (CD-ROM)

RESUMO
Ocorrências de granizo associadas à precipitações intensas são acontecimentos muito comuns na região Sul do Brasil. Estes fenômenos causam sérios prejuízos à agricultura, construções civis entre outros. Neste trabalho, foi feita uma análise estatística, baseando-se na Distribuição de Probabilidade de Poisson, com a finalidade de obter informações mais detalhadas sobre a freqüência de ocorrência do mesmo. Nos quarenta e dois anos estudados, verificou-se que a maior probabilidade foi de um caso de granizo por ano, e a menor foi de oito casos, sendo que os meses que registram mais ocorrências são os compreendidos entre julho e setembro. Dessa forma, este trabalho visa dar contribuições à agricultura e áreas afins, que necessitem se precaver contra o fenômeno.
Palavras-chaves: granizo, distribuição de probabilidade de Poisson.

ABSTRACT
Hail occurrences associated to intense precipitations are very common facts in the region of south Brazil. These ones cause serious damages to the crops, civil constructions and others human activities. In this work, it was made a statistics analysis called Poisson Probability Distribution with the purpose to get more detailed informations about the frequency of hail occurrence. In the forty two studied years, it was observed that the highter probability was only one case of fail for year, and the lesser was eight cases, knowing that the mounths in which the hail is more registered are between July to September. Thus, this work have the objective to give contributions to the agriculture and anothers activities with the necessity to act against the phenomenon.
Key-words: hail, Poisson probability distribution.

1. INTRODUÇÃO

O granizo é um tipo de precipitação que se origina de nuvens convectivas, como cumulunimbus, e que cai em forma de bolas ou pedaços irregulares de gelo. Ocorre mais freqüentemente nas regiões continentais das médias latitudes (20^0 a 55^0) diminuindo em regiões marítimas e equatoriais. Entretanto, apresenta também grande freqüência nas altas altitudes das regiões tropicais(MOTA, 1981). Sua ocorrência é muito associada com as condições sinóticas de tempo, como por exemplo, nuvens de desenvolvimento vertical associadas a frentes frias, informação essa de extrema importância para aqueles que necessitam combater seu desenvolvimento (WANG, 1967).

Teoricamente, o grau de dano causado às plantas depende do tamanho das pedras, da densidade por área, da duração da tempestade, da velocidade de queda, da idade das

plantas e, além disso, precipitações intensas e ventos fortes quando acompanham o granizo aumentam os danos (MOTA, 1981). Interessa também saber a época do ano que ocorre e se a duração leva mais de quinze minutos.

Os três principais fatores associados com os prejuízos são: o tamanho da área atingida, a densidade das pedras ao nível do solo e a força dos ventos superficiais. Quando a densidade é inferior a dez pedras por 0,10 m^2 usualmente não ocorrem danos apreciáveis. Os maiores problemas para as culturas, são aqueles relacionados com a ocorrência de pedras oblongas ou esféricas, por outro lado, pedras do tipo disco não causam danos em geral.

Sabendo-se da grande influência dos fenômenos meteorológicos no desempenho da fruticultura, o agricultor pode tomar as devidas precauções com base no estudo da freqüência da ocorrência do granizo na região Sul do Rio Grande do Sul.

2. METODOLOGIA

A série de dados sobre granizo foi obtida junto a Estação Agroclimatológica de Pelotas, convênio EMBRAPA/UFPel, cujas coordenadas geográficas são: Latitude $31^0 45'$, longitude $52^0 21'$ e altitude de 13,4 metros, correspondentes aos anos de 1961 a 2003, totalizando quarenta e dois anos.

Foram analisados todos os meses do período estudado, contabilizando a ocorrência de granizo em cada mês. Para poder identificar o período crítico, separou-se os anos estudados em trimestres.

Feito isso, aplicou-se a distribuição de Poisson ,cuja fórmula é :

$$p(x) = \frac{e^{-\bar{x}}\,\bar{x}}{x!} \qquad (1)$$

Onde:

x = número de dias de ocorrência de granizo por ano.

$\bar{x}$ = média aritmética de x.

p(x) = probabilidade de ocorrência de granizo.

Para o cálculo da freqüência esperada, usou-se a expressão:

$$Fe = p(x).\Sigma F \qquad (2)$$

Onde:

Fe = freqüência esperada.

p(x) = probabilidade de ocorrência de granizo.

F = número de anos com ocorrência de granizo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos quarenta e dois anos analisados observou-se que julho, agosto e setembro foi o trimestre com maior ocorrência de granizo. Os resultados obtidos podem ser melhor observados na tabela abaixo:

Tabela 1. Contabilidade de ocorrência de granizo por período.

Período estudado	1^0 Trimestre	2^0 Trimestre	3^0 Trimestre	4^0 Trimestre	1961-2003
Total	14	11	34	17	76

A distribuição de Poisson foi usada com a finalidade de identificar a probabilidade de ocorrência de eventos raros, que no caso do granizo sua ocorrência é muito pequena, restringindo-se a poucos meses. Verificou-se que a maior probabilidade ocorreu quando p(x = 1), Tabela 2, ou seja, isto corresponde a ocorrência de chuva de granizo em um ano. Por outro lado, quando p(x = 8) significa que há uma menor probabilidade da ocorrência de tal fato.

Através do cálculo da freqüência esperada, para x =1, ou seja, uma ocorrência de chuva de granizo por ano a freqüência real foi igual a 14, mas esperava-se que acontecesse aproximadamente 13; e para x = 8 (oito chuvas de granizo em um ano) a freqüência esperada foi 0,01, ou seja, nenhuma ocorrência, mas o que efetivamente ocorreu foi apenas uma. Na Tabela 2 tem-se todos os valores correspondentes às outras classes.

Tabela 2. Cálculo da probabilidade da ocorrência de granizo e da freqüência esperada.

Classes-x	F	Fx	Fx^2	P(x)	Fe
0	9	0	0	0,1703	7,3229
1	14	14	14	0,3015	12,9645
2	8	16	32	0,2668	11,4724
3	8	24	72	0,1574	6,7682
4	2	8	32	0,0697	2,9971
5	0	0	0	0,0247	1,0621
6	1	6	36	0,0072	0,3096
7	0	0	0	0,0018	0,0774
8	1	8	64	0,0004	0,0172
Σ	43	76	250	0,9998	42,9914

4. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo analisar a influência do granizo para a região de Pelotas. O trimestre com maior ocorrência de chuvas de granizo foi o correspondente aos meses de julho, agosto e setembro, e também foram feitas várias análises estatísticas com a finalidade de se obter um prognóstico do número de acontecimento de granizo por ano.

Concluiu-se que a maior probabilidade foi de um caso de granizo por ano, e a menor foi de oito casos. De posse destas informações o agricultor tem como fazer um melhor planejamento agrícola.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPM – Associação Brasileira dos Produtores de Maça. **Informação Pessoal**. 1995.

CORINO, L. **L´impiego delle reti antigrandine nella viticoltura**. Convengo nazionale sul tema studio sui problemi relativi alla difesa della grandine, Asti, p.12-13, 1980.

GRANAUD, J.C. Les filets para grêle dans les verges/Anti-hail nets in fruit orchards. **Plasticulture**, n.113, p. 33-42, 1997.

LA MORINIÈRE, STATION D'ETUDES ET D'EXPERIMENTATIONS FRUTIÈRE NORD-LEGROS, N. Les filets antigrele: Etude de sysnthese. **Le fruit belge**, n. 467, p. 69-73, 1997.

LOIRE. **Etudes & Resultats, 1998-1999**. ST Epain, p. 84-87.

MOTA, F.S. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Livraria Nobel, 1981, 376 p.

RAGAZZINI, D. VERONESI, G. **Grandine:** dalla conoscenza Del fenómeno l´efficacia della difesa. Genio rurale, v. 43, n. 5, p. , 1980. V. XLIII, nₒ 5, 1980.

ROSINI, E.; VENTO, D. **La difesa antigrandine:** il método soviético. L´Itália Agrícola. v. 113, n. 5, p. , 1976.

VENTO, D. **La difesa attiva contro la grandine**. Bologna: Edagricole Via Emilia Levante 31, 1976. p. 1-47.

ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS E HIDROMETEOROLÓGICOS DAS ENCHENTES NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO NO PERÍODO DE 2000 A 2004

AUGUSTO JOSÉ PEREIRA FILHO[1]
RICARDO HALLAK[1]
MÁRIO THADEU LEME DE BARROS[2]

[1]Depto de Ciências Atmosféricas, IAG USP
Rua do Matão, 1226, São Paulo, SP, 05508-900
[2]Depto de Engenharia Hidráulica e Sanitário, EPUSP
Av. Prof. Lucio Martins Rodrigues 120, São Paulo, SP, 05508-900
apereira@model.iag.usp.br,mtbarros@usp.br

PEREIRA FILHO, A. J.; HALLAK, R.; BARROS, M. T. L.; Aspectos sócio-econômicos e hidrometeorológicos das enchentes na região metropolitana de São Paulo no período de 2000 a 2004. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 633-642. (CD-ROM)

RESUMO

Este estudo compreende uma análise hidrometeorológica das enchentes na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) no período de 2000 e 2004. Sessenta e cinco eventos foram analisados por meio de dados de radar meteorológico, satélite, superfície e altitude. Fez-se um levantamento de impactos sócio-econômicos a partir de reportagens de um jornal local que foram analisados em conjunto com os dados meteorológicos. Os eventos de enchente tiveram um impacto significativo na população, meios de transporte, distribuição de energia elétrica e outras atividades humanas. Cerca de 65% das enchentes estavam associados com a circulação de brisa e a ilha de calor da RMSP. Um sistema de previsão hidrometeorológica (SPH), a ser implementado em breve, é apresentado.

ABSTRACT

This study comprises an hydrometeorological analysis of flood events in the Metropolitan Area of São Paulo (RMSP) between 2000 and 2004. Sixty-five events were analyzed through weather radar, satellite, surface and upper air data sets. Social and economical impacts have been accessed through reports by a local newspaper together with the above mentioned meteorological information. These flood events had a significant impact on the population, transportation systems, electric power distribution, and on other human activities. About 65% of the most recent floods were associated with the local sea breeze circulation and the RMSP heat island effect. A Hydrometeorological Forecast System (SPH) is presented.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo compreende uma análise de hidrometeorológica de eventos de enchentes na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Esta região pode ser vista na imagem obtida com o satélite ACQUA (Fig. 1). Outras regiões metropolitanas à Noroeste, Nordeste, Leste e Sul da RMSP estão aparentes nesta imagem. A RMSP é a maior área urbana Brasileira onde tem havido uma degradação ambiental marcante devido à expansão urbana desordenada. Essa mancha urbana tem produzido alterações químicas, energéticas e hídricas na camada limite atmosférica, que tem deteriorado a qualidade de vida da população de mais de 17 milhões de habitantes. Por exemplo, observa-se na imagem do canal IR do satélite GOES-8 de 11 de outubro de 2002 o forte aquecimento diurno sem

nebulosidade que causou um alto desconforto térmico e elevado consumo d´ água (Pereira Filho et al., 2004). Observam-se várias regiões com elevadas temperaturas de brilho no Norte e Sudoeste do Estado de São Paulo, na RMSP e no Vale do Paraíba na imagem das (Fig. 2). Há ainda forte contraste térmico sobre o Rio Tietê, do Centro para o Norte do Estado de São Paulo, Vale do Ribeira, no Litoral Sul de São Paulo e, mais significativamente, entre o Continente e Oceano Atlântico.

Figura 1: Fotografia aérea da Região Leste do Estado de São Paulo obtida com o satélite ACQUA em 20/07/2003. A circunferência indica a área de abrangência do radar meteorológico de São Paulo cuja localização esta indicada pela cruz vermelha. A cruz amarela indica o local da estação meteorológica do Depto de Ciências Atmosféricas (DCA) da Universidade de São Paulo. Áreas marrons claros são associadas às cidades do Leste do Estado de São Paulo. Áreas verdes próximas ao litoral e mais ao Norte indicam as regiões da Serra do Mar e Serra da Mantiqueira, respectivamente.

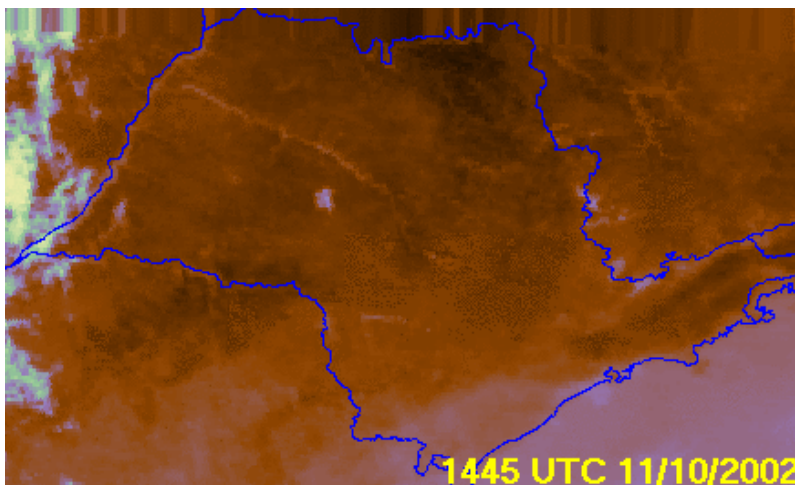
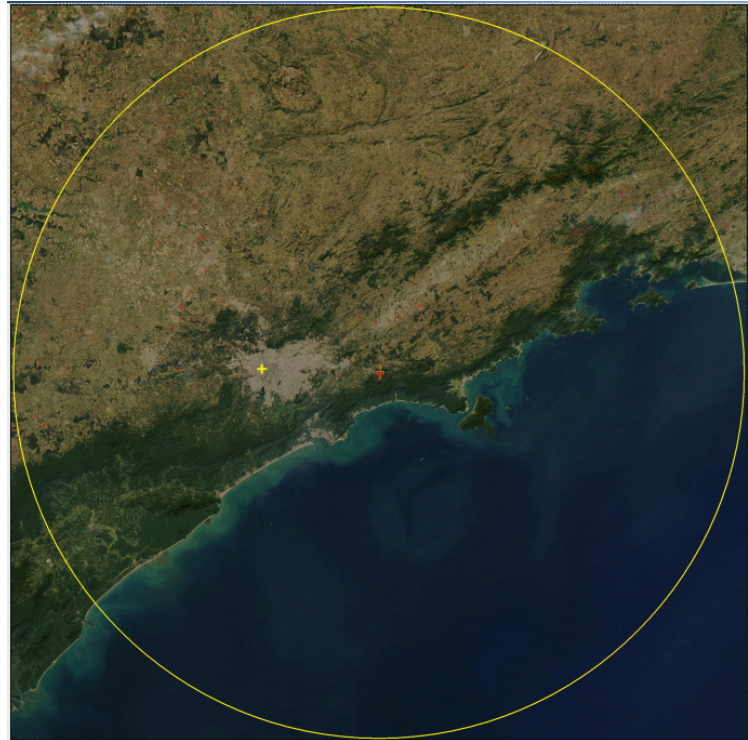



Figura 2: Temperatura de brilho do canal IR do satélite GOES-8 em 11 de outubro de 2002. Tons escuros indicam temperaturas mais altas e, tons mais claros, mais baixas. Contorno geográfico do Estado de São Paulo esta indicado em azul escuros. Horários em UTC.

.

Particularmente na RMSP, a maioria dos episódios de enchentes, tais quais exemplificados pela imagem na Fig. 3, estão associados ao forte aquecimento diurno, convergência induzida pelo aquecimento e interação com a circulação de brisa marítima. Utilizou-se informações meteorológicas dos sistemas de medição disponíveis para caracterizar os eventos de enchentes. Impactos ambientais e sócio-econômicos foram analisados por meio de informações do Jornal Folha de São Paulo. A Tabela 1 apresenta um resumo de alguns dos impactos mais significativos relatados pela impressa e as respectivas condições meteorológicas obtidas da estação meteorológica do Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA) da Universidade de São Paulo (Fig. 1).

Figura 3: Vista aérea do Bairro do Morumbi em São Paulo após as chuvas de 02 de fevereiro de 2004. Fonte: Jornal o Estado de São Paulo.

O número de eventos anuais de enchentes relatados entre 2000 e 2004 foram 9, 15, 17, 13 e 11, respectivamente. Estes eventos causaram perdas de vidas humanas e materiais. As crianças foram as vítimas mais freqüentes dos deslizamentos de terra. Ainda, as enchentes tiveram um impacto direto sobre os sistemas de transporte e de distribuição de energia eletricidade. Trata-se portanto de um fenômeno de grande relevância para a sociedade e o governo, e requer ações coordenadas contínuas para mitigar essas perdas e transtornos. O sistema de alerta às inundações (Barros et al. 2004) tem sido continuamente aperfeiçoado por meio de novas técnicas observacionais e pesquisa científica desses fenômenos. Assim sendo, este trabalho compreende uma análise de eventos de enchentes por meio de dados de mesoescala com ênfase aos eventos associados com a ilha de calor da RSMP e a brisa marítima. A seguir são apresentados os dados e análises realizadas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os eventos de enchentes foram selecionados a partir de informações do Jornal Folha de São Paulo entre 2000 e 2004. A maioria dos eventos foi monitorada em tempo real por meio de dados do radar meteorológico de São Paulo, imagens de satélite e dados de altitude e superfície. As informações jornalísticas enfatizam apenas os impactos mais significativos das enchentes tais como os descritos na Tabela 1. Em geral, maior destaque foi dado ao número de vítimas fatais, extensão total de congestionamentos, interrupção do fornecimento de energia elétrica, número de pontos alagados, trechos inundados, regiões mais afetadas pela chuvas, fechamento de aeroportos e algumas outras informações menos freqüentes. As regiões mais afetadas pelas enchentes na RMSO são a Zona Norte da RMSP com cerca de 50% dos eventos.

Estimativas da chuva acumulada foram obtidas na área de abrangência do radar meteorológico de São Paulo mostrado na Fig. 1 pela circunferência. Os dados de radar possuem resolução espacial de 2 km x 2 km e temporal de 5 minutos. As taxas de precipitação são interpoladas na altitude de 3 km e armazenadas com 16 níveis de intensidade entre 1 e 100 mm h^{-1}. A acumulação é obtida da integração temporal das taxas de precipitação. As acumulações de chuva diária foram realizadas em 0000 UTC do dia e 0000 UTC do dia seguinte. A chuva acumulada total foi estimada apenas para os eventos de enchente associados com brisa marítima e ilha de calor. Ressalta-se que a qualidade das estimativas de chuva acumulada é afetada por erros inerentes ao radar meteorológico. Resultados recentes mostram que os erros podem ser superiores a 100% (Pereira Filho e Nakayama, 2001), mas a variabilidade espacial da chuva é mais acurada onde o efeito da curvatura não é significativo, isto é, a cerca de 120 km do radar.

Data	VF	PA	RVF	PCR	DT	TAI	N	S	C	E	W	BM	T	Td
20000112							sim		sim	sim		sim	31.9	20.3
20000228	12		sim	138	sim			sim				sim	31.6	21.6
20000229										sim		sim	31.2	20.4
20001004			sim		sim			sim				sim	30.9	18.9
20001121	1	22	sim	189			sim	sim	sim				28.5	20.3
20001210			sim					sim		sim			29.6	20.4
20001213		58	sim	150			sim	sim	sim		sim	sim	32.2	20.1
20001218	1				sim			sim		sim			19.9	15.3
20001226			sim		sim		sim			sim			30.3	20.2
20010115	2		sim									sim	28.7	20.2
20010121	3	8	sim				sim						28.8	19.4
20010123		20		108					sim			sim	31.3	22.2
20010130		12	sim							sim		sim	31.7	21.2
20010223		13	sim	157			sim						30.1	20.3
20010224	1	54	sim					sim	sim		sim	sim	31.4	19
20010302	2		sim	126			sim	sim	sim		sim	sim	31.3	19.4
20010320	1	28			sim			sim		sim			30.8	20.3
20010325	1	28	sim		sim			sim	sim	sim		sim	30.9	19.2
20010328		31	sim		sim			sim		sim		sim	28	20.1
20010401	2		sim					sim	sim	sim			30.6	18.5
20011001	3	45		139	sim			sim		sim			22.5	18.2
20011011		13		179				sim					27.5	20.2
20011122		40	sim					sim	sim	sim		sim	31.9	18.2
20011210		27	sim	119			sim			sim	sim	sim	27.4	20.3
20020114		60	sim	140	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	28.6	20.3
20020212	1	6						sim				sim	30.1	20.9
20020213		18	sim		sim	sim				sim		sim	31.9	21.1
20020228		3	sim				sim			sim		sim	25.5	20.8
20020302	2						sim						27.5	19.3
20020303											sim	sim	29.2	21.1
20020306										sim			31.8	18.1
20020315	1	20	sim	165				sim	sim		sim		30.7	20.5
20020317		28							sim	sim	sim	sim	31.3	22.6

Data	VF	PA	RVF	PCR	DT	TAI	N	S	C	E	W	BM	T	Td
20020318		54	sim						sim	sim		sim	31.2	22.1
20020324		21	sim		sim			sim	sim	sim			24.3	20.7
20020708			sim					sim					18.1	10.0
20020920		23	sim	198			sim	sim		sim	sim		25.8	18.2
20021029		8		80						sim		sim	32.4	21.2
20021128		51	sim	154	sim			sim			sim	sim	32.8	22.9
20021201		17	sim					sim	sim			sim	33.5	20.4
20021217	2	41		93	sim				sim	sim		sim	29.2	21.1
20030102		23	sim						sim			sim	32.3	21.6
20030103		37	sim	15	sim		sim					sim	28.6	21.1
20030116		30	sim	66		sim					sim	sim	28.7	19.1
20030121		9							sim			sim	29.7	22.7
20030127	8				sim			sim					24.4	19.7
20030128		69						sim		sim			23.5	20.4
20030217											sim		25.2	20.0
20030303		29								sim		sim	33.7	23.2
20030305		24		60		sim	sim					sim	29.7	21.8
20030307		36	sim	129							sim	sim	30.2	21.4
20031009		19	sim	162				sim			sim	sim	30.4	18.9
20031117			sim	89									28.1	19.4
20031223		11		128	sim		sim						27.5	19.8
20040112			sim	98	sim		sim					sim	27.9	19.5
20040123	3	20	sim	147	sim						sim	sim	27.8	20.1
20040130		33	sim	151	sim			sim		sim		sim	31.3	20.1
20040131		19					sim					sim	30.8	19.1
20040202		47	sim	85						sim	sim	sim	32.3	22.7
20040204		32	sim							sim		sim	32.6	21.0
20040219		14	sim	106		sim		sim				sim	32.6	18.3
20040222		26								sim			23.4	20.2
20040404		15						sim		sim	sim		25.8	18.4
20040406		29		142	sim			sim			sim	sim	26.3	20.6
20040421	1	13			sim				sim		sim	sim	25.2	19.8

Tabela 1: Eventos de enchentes na Cidade de São Paulo. Levantamento parcial realizado por meio de reportagens do Jornal Folha de São Paulo (FSP), do radar meteorológico de São Paulo e da estação meteorológica do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. A legenda indica, da esquerda para a direta, a data do evento (ano, mês, dia), disponibilidade de registro jornalístico da FSP, número de vítimas fatais (VF), pontos de alagamento (PA), ocorrência de rajadas de vento forte (RFV), pico de congestionamento registrado (PCR) em ***km***, ocorrência de deslizamento de terra (DT), de transporte aéreo interrompido (TAI), regiões da PMSP atingidas (N-Norte, S-Sul, C-Centro, E-Leste e W-Oeste), ocorrência de brisa marítima (BM), temperatura do ar máxima (T_{max}) e temperatura de ponto de orvalho máxima ($T_{d\ max}$) em ^{o}C.

3. RESULTADOS

Mais da metade dos eventos estão associados com temperatura do ar acima de 30 ^{o} C no período da tarde. A maioria dos eventos são relacionados com temperaturas de ponto de orvalho acima de 20 ^{o} C antes do início da chuva. Em geral, há uma diminuição da umidade do ar entre o início da manhã e meio da tarde quando da chegada da frente de brisa. Esta diminuição é causada pela maior mistura vertical do ar devido è expansão da camada limite planetária (CLP) pelo aquecimento radiativo diabático. Os ventos são em geral de Noroeste e Nordeste e giram para Sul e Sudeste após a penetração da frente de brisa. Esta pode ser também identificada pela mudança da tendência de baixa para alta pressão. A queda da pressão em geral varia em torno de 3 hPa.

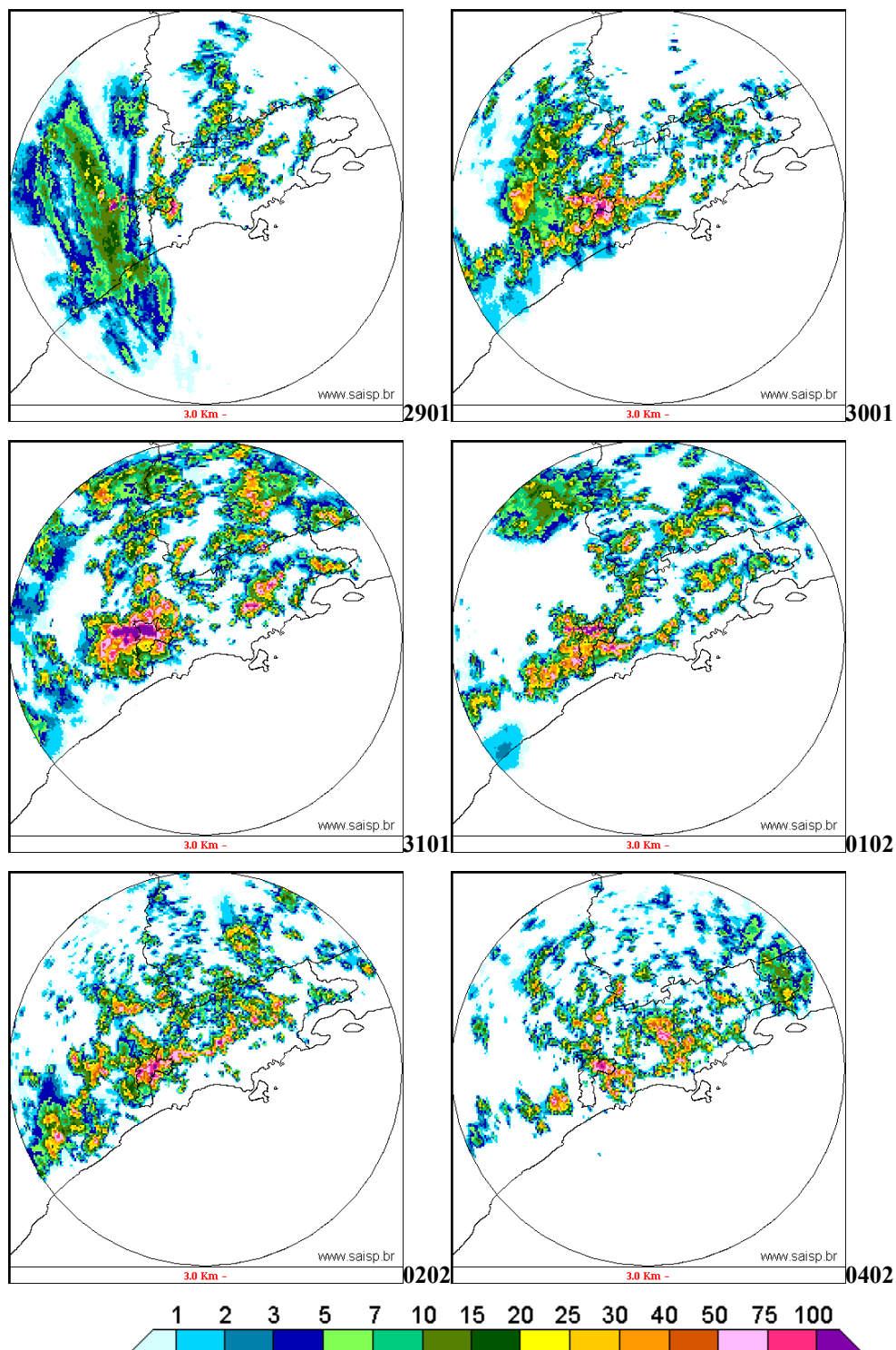



Figura 4: Mapas de precipitação acumulada entre 0000 UTC do dia e 0000 UTC do dia seguinte estimados por meio do radar meteorológico de São Paulo. Contornos geográficos e limites indicados pela linha contínua. Escala de cores indicam níveis de acumulação (mm). Números ao lado do mapa indicam o dia e mês (**DDMM**) do evento do ano de 2004.

A intensidade do vento aumenta em geral entre a manhã e fim da tarde devido à mistura vertical de momento da atmosfera acima da CLP. Portanto, a característica mais significativa é o aumento de umidade do ar devido a brisa marítima. A mistura de ar

urbano relativamente quente e seco com ar relativamente frio e úmido oceânico, além do empuxo gerado pela frente de brisa, resultam numa desestabilização do ar próximo à superfície, que ascende até a tropopausa impulsionado pela liberação de calor latente. Essas células profundas geram também correntes descentes intensas e frentes de rajadas. A maioria dos eventos com quedas de árvores devido a rajadas de ventos intensas está associado com eventos de enchentes devido à brisa marítima e ilha de calor. De fato, todos os casos de interrupção no fornecimento de energia elétrica no período analisado estão associados com quedas de árvores sobre a rede elétrica. A distribuição espacial das células convectivas e a distância entre as mesmas podem organizar outras células convectivas por meio da colisão das respectivas frentes de rajadas (Pereira Filho et al. 2002) tal qual ocorrido numa das maiores seqüências de eventos de enchentes na RMSP entre o fim de janeiro e início de fevereiro de 2004 mostrado na Fig. 4.

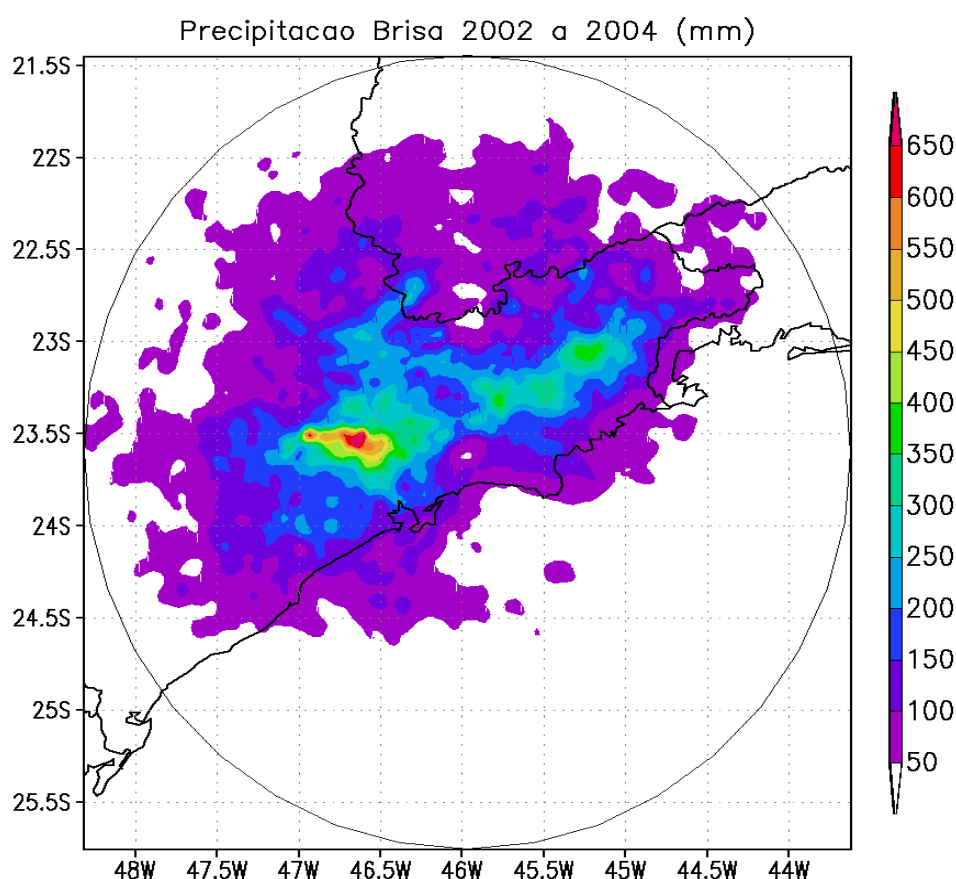



Figura 5: Distribuição espacial de chuva acumulada estimada com o radar meteorológico de São Paulo, para eventos de enchentes associados com brisa marítima e ilha de calor na Região Metropolitana de São Paulo entre 2002 e 2004. Escala de cores indica total de chuva (mm). Estão indicados os contornos geográficos de São Paulo, Sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Circunferência indica o raio de abrangência do radar meteorológico de 240 km. Latitudes e longitudes estão também indicadas.

A Fig. 5 mostra a distribuição espacial de chuva acumulada de eventos de enchentes associados com ilha de calor e brisa marítima na RMSP. Nota-se um núcleo de maior acumulação coincidente com a área da RMSP mostrada na Fig. 1. Há um alinhamento dos núcleos de alta acumulação paralelo à costa da Serra Mar, uma outra características dos eventos de chuva associados com brisa marítima. As acumulações de chuva decrescem rapidamente para além de 120 km do radar meteorológico em virtude do efeito da distância (Pereira Filho e Nakayama, 2001). Por último, nota-se também que as chuvas mais intensas estão sobre o continente, padrão típico de verão. A freqüência de chuvas acima e abaixo de 10 mm h^{-1} para dos eventos associados com brisa marítima e ilha de calor indicam que ambas as categorias são maiores sobre a RMSP (não mostrado). O núcleo de alta freqüência de chuvas intensas na RMSP é até três vezes maior do que o das áreas vizinhas. Ou seja, nos casos de enchentes causadas por brisa marítima e ilha de calor há maior probabilidade de eventos extremos sobre a RMSP, especialmente sobre a região Leste da Cidade de São Paulo.

Supondo-se que a umidade não deva variar muito ao longo da frente de brisa em toda extensão da costa, o núcleo de maior precipitação é devido ao maior empuxo vertical e concomitante convergência próxima à superfície produzida pela ilha de calor. Assim, o aquecimento devido à ilha de calor induz maior precipitação sobre a RMSP. A baixa capacidade de infiltração da RMSP resulta em enchentes e inundações. A freqüência maior de chuvas intensas na região Leste da Cidade de São Paulo é devido, em geral, à predominância de ventos de Noroeste nos níveis médios da atmosfera (Baik e Chun, 1997). A maior freqüência de chuvas menos intensas sobre a região costeira do litoral do Estado de São Paulo indicam que alguns sistemas se deslocam para Sudeste na fase de decaimento. A configuração circular no mapa de freqüência das chuvas menos intensas indica o efeito de preenchimento do feixe do radar para os sistemas precipitantes mais distantes do radar meteorológico na fase de decaimento.

4. CONCLUSÕES

Cerca de 61% dos eventos de enchentes na RMSP analisados neste estudo estão associados com temperatura de ponto de orvalho maior que 20 ^{o}C (Borges e Pereira Filho, 2000). Ainda, 65% dos eventos estão associados com a penetração de brisa marítima no período da tarde e com temperatura do ar em geral superior à 30 ^{o}C. Neste estudo, observa-se que os eventos de precipitação intensa se desenvolvem muito rapidamente

sobre a ilha de calor urbano da RMSP. A circulação de brisa marítima combinada e este aquecimento diabático tende a gerar sistemas precipitantes mais profundos e com maior volume de precipitação. A baixa velocidade dos mesmos aumenta a precipitação acumulada em áreas relativamente pequenas, e causam assim grande impacto na drenagem de micro e meso-escala. A atividade elétrica é em geral muito intensa nestes casos (Gin et al. 2003), mas, aparentemente, não é o principal responsável pela interrupção do fornecimento de energia elétrica e, sim, os fortes ventos que derrubam árvores sobre as linhas de transmissão.

Ocorreram entre 2000 e 2004 cerca de 13 eventos de enchentes por ano, um número bastante elevado. Apesar da alta probabilidade de enchentes na RMSP nas condições descritas acima, a mitigação dos impactos desses eventos depende de uma densa rede de monitoramento de superfície, radares meteorológicos com maior sensibilidade para a detecção dos estágios iniciais de formação dos sistemas precipitantes e, ainda, a utilização de modelos numéricos de altíssima resolução espacial para uma maior antecipação desses eventos. Estudos hidrológicos e de modelagem numérica de meso-escala na RMSP adicionais podem ser vistos em Barros et al. (2004) e Hallak et al. (2004).

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e o governo do Estado de São Paulo devem lançar em breve a primeira fase do Sistema Integrado Hidrometeorológico do Estado de São Paulo (SIHESP), com a aquisição de uma rede de estações meteorológicas, radares e sistemas computacionais, que certamente irá contribuir muito para o estudo e a previsão de chuvas intensas e enchentes sobre a RMSP. Particularmente, na Bacia do Alto Tietê será implementado um sistema de previsão hidrometeorológica (SPH) que será composto de um radar meteorológico banda X Doppler dual para permitir a detecção de sistema convectivos no início de formação; uma rede de estações automáticas de superfície, para permitir o monitoramento de variáveis meteorológicas com alto resolução espaço-temporal, pro exemplo, para a detecção da penetração da brisa marítima, evolução temporal da ilha de calor, convergência de ar em baixos níveis entre outras informações; um sistema de previsão numérica de alto desempenho para a mesoescala com o modelo ARPS (Hallak et al. 2004) para prever com antecedência de horas a um dia eventos severos de precipitação. Estes novos componentes compreendem uma inovação tecnológica que deve significativamente mitigar os efeitos desastrosos das enchentes na RMSP.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores expressão sua gratidão ao Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) pelo fornecimento dos dados do radar meteorológico de Ponte Nova, ao Prof. Ricardo Camargo pelos dados da estação meteorológica automática do DCA e ao Laboratório MASTER pelas imagens de satélite GOES-8 do canal infravermelho de alta resolução. O primeiro autor agradece pelo suporte recebido do CNPq processo nº 302419/2002-0.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baik, J-J. and H-Y. Chun, 1997: **A dynamical model for urban heat islands**. Bound.-Layer Meteor., 83, 463-477.

Borges, A. S. e A. J. Pereira Filho, 2000: **Análise das condições meteorológicas de superfície antecedentes à precipitação de origem convectiva na Cidade de São Paulo**. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET, Rio de Janeiro, RJ, Outubro de 2000. II Seminário de Brasileiro de Hidrologia.

Gin, R. B. B., C. A. A. Beneti and A. J. Pereira Filho, 2003: **Cloud-to-ground lightning flashes in Southeastern Brazil in 2001**. VII Seminário Internacional de Proteção contra Descargas Atmosféricas, Curitiba, PR, 17 a 21 de Novembro de 2003.

Hallak, R., A. J. Pereira Filho, A. W. **Gandu e M. T. Leme de Barros, 2004**: simulação numérica de precipitação intensa na Região Metropolitana de São Paulo com o modelo de mesoescala ARPS. XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza, CE.

Barros, M. T. L., A. J. Pereira Filho, A. W. Gandu, R. Hallak e C. P. Andrioli , 2004: **Impacto hidrológico das precipitações observadas na região metropolitana de são paulo nos dias 04 de fevereiro de 2004 e 29 de janeiro de 2004**. XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza, CE.

Pereira Filho, A.J., M. T. L. Barros, R. Hallak e A. W. Gandu, 2004: **Enchentes na Região Metropolitana de São Paulo**: aspectos de mesoescala e avaliação de impactos. XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza, CE.

Pereira Filho, A. J. and P. T. Nakayama, 2001: **Intercomparison of radar Rainfall Estimates and Rain Gage Measurements in Sao Paulo, Brazil**. Fifth International Symposium on Hydrological Applications of Weather Radar. Kyoto, Japan, BR02.

Pereira Filho, A. J., 1999: **Radar measurements of tropical summer convection**: urban feedback on flash floods. 29th Radar Conference, AMS, Montreal, Canada, 17.4.

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ, GRANDE FLORIANÓPOLIS-SC

SILVA, M. M.[1]
MONTEIRO, M. A.[1 2]
CALEARO, D. S.[1]
MORAES, M. R.[1]
MISZINSKI, J.[1]

[1]Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (Epagri),
[2]Programa de Pós-graduação em Geografia
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
{marcelomartins,monteiro,jô}@climerh.rct-sc.br

SILVA, M. M.; MONTEIRO, M. A.; CALEARO, D. S.; MORAES, M. R.; MISZINSKI, J. Estudo do comportamento da precipitação no município de São José, Grande Florianópolis - SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 643-650. (CD-ROM)

RESUMO
O comportamento da precipitação no município de São José, região da Grande Florianópolis, tem sido estudado por diversos pesquisadores, MONTEIRO E FURTADO, 1995; MONTEIRO, 2001, dentre outros. Os trabalhos são focados em estudos de caso de episódios de chuvas intensas, principalmente em aspectos físicos e sinóticos. De modo geral, a análise quantitativa da precipitação, sua distribuição, e período de recorrência são poucos detalhados. O município possui uma particularidade de relevo marcante e irregular, portanto há a necessidade de um aprofundamento do comportamento do regime pluviométrico, buscando caracterizar os períodos mais prováveis em que ocorrem chuvas intensas, não apenas nos aspectos físicos de escala sinótica e hemisférica, mas também, a quantidade de chuva esperada para uma determinada época do ano. O objetivo principal deste trabalho é avaliar e caracterizar, a partir de resultados climatológicos e estatísticos, as precipitações severas, muito forte ou intensas no município de São José, região da Grande Florianópolis.
Palavras chave: chuvas intensas, análises estatísticas.

STUDY OF THE BEHAVIOR OF THE PRECIPITATION IN THE CITY OF THEY ARE JOSE, GREAT FLORIANÓPOLIS-SC

ABSTRACT
The behavior of the precipitation in the city of Is Jose, region of the Great Florianópolis, has been studied per diverse researchers, MONTEIRO and FURTADO, 1995; MONTEIRO, 2001, amongst others. The works are in studies of case of intense rain episodes, mainly in physical and sinóticos aspects. In general way, the quantitative analysis of the precipitation, its distribution, and period of recurrence is few detailed. The city possesss a marcante and irregular relief particularitity, therefore it has the necessity of a deepening of the behavior of the pluviometric regimen, searching to characterize the periods most probable where intense rains occur, not only in the physical aspects of sinotic and hemisferic scale, but also, the amount of rain waited for one determined time of the year. The main objective of this work is to evaluate and to characterize, from climatologics results and statistical, the severe, very strong or intense precipitations in the city of Are Jose, region of the Great Florianópolis.
Key-words: intense rains, statistical analyses.

1. INTRODUÇÃO

Dentre todos os componentes do clima, a precipitação é um dos que mais afetam várias setores da sociedade, com a produção agrícola, planejamento urbano, devido a sua grande variabilidade, tanto em quantidade quanto em duração e tempo de ocorrência (SILVA *et alli, 2003*).

Apresentação possui altas variações espaciais e grande flutuações interanuais dos índices pluviométricos, sendo esta variação interanual em grande parte relacionada com as flutuações da temperatura da superfície do mar nos oceanos tropicais (Atlântico e Pacífico), ROUCOU et al, 1996, citado por PEREIRA, GOMES & DI PACE, 2003.

Segundo AGUIAR & CHAPA *et alli*, 2003, a precipitação no sul do Brasil apresenta uma distribuição anual bastante uniforme tanto no verão como no inverno. Ao longo de quase todo seu território a média anual da precipitação varia de 1.250 a 2.000 mm. Alguns fenômenos atmosféricos que atuam sobre a região são essenciais na determinação da climatologia de temperatura e precipitação. Entre os mais importantes, podemos citar a passagem de sistemas frontais sobre a região, que são responsáveis por grande parte dos totais pluviométricos registrados (OLIVEIRA, 1986).

Segundo FERNANDES E SATYAMURTY, (1994), os sistemas são mais freqüentes durante o verão e primavera no sul do Brasil, tendo orientação do eixo na direção NW-SW, paralelamente a superfície frontal, e são responsáveis pelo desenvolvimento de tempo severo sobre as regiões afetadas. Sistemas convectivos de mesoescala também são responsáveis por grandes totais de precipitação sobre essa região, assim como no sul das regiões sudeste e centro oeste (CUSTÓDIO & HERDIES), 1994.

A ocorrência de ciclogêneses e frontogêneses sobre o sul do Brasil também é um fator preponderante na determinação da climatologia da precipitação desta região. Estudos estatísticos (GAN E RAO, 1991), mostram que a maior frenquência de ciclogêneses ocorre sobre o Uruguai durante o inverno do hemisfério sul.

O objetivo deste trabalho é estudar o comportamento dos dias de chuva e frenquência relativa de chuva, muito fracas, normais a moderadas a severas a muitos forte para o município de São José.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi utilizado dados diários de precipitação de uma série continua e interrupta entre os anos de 1969 a 2003 da estação meteorológicas de superfície do município de São José-SC, latitude de 27°35’00” sul e longitude 48°34’00” oeste, altitude de 2 metros, pertencente ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

Foram realizados análises estatísticas dos dados da série temporais com o fim de estudar a freqüência da precipitação, ou seja, o número de dias com ocorrência e quantidade de precipitação. Assim calculou-se a freqüência relativa percentual num dado período de ocorrência de um dia de chuva, anual, sazonal (estações do ano), a quantidade

diária de precipitação foi analisada entre os intervalos de 0.0 a 2.5 mm, 2.5 a 5.0 mm, 5.0 a 10.0 mm, 10.0 a 15.0 mm, 15.0 a 25.0 mm e de dias com precipitação superior a 25 mm, ou seja, frequência relativa percentual de ocorrência de um dia com chuva intensa, metodologia de NASCIMENTO *et al,*.

Sendo NP o número de dias com chuva em cada intervalo mencionado acima e N o número total de dias do período considerado, a frequência relativa percentual F foi calculada da seguinte forma:

$$F = \left(\frac{NP}{N}\right) * 100 \qquad (1)$$

Dos resultados das frenquências relativas, foram elaborados curvas de probabilidade empírica acumulada que serviram de subsídios para caracterizar o regime das chuvas.

Numa outra análise, calculou-se a intensidade **I** das chuvas diárias. Este parâmetro foi calculado para se avaliar a intensidade média da chuva em três situações:

(a) filtrando as chuvas muito fracas (abaixo de 2.5 mm)

$$I_1 = \frac{[P - (N_1 * 1.25)]}{N_2} \qquad (2)$$

onde P é a precipitação anual média, N_1 é o número de dias com precipitação menor que 2.25 mm e N_2 é o número de dias com precipitação maior que 2.5 mm. Deve-se ressaltar que o valor de 1.25 mm utilizado na equação (2), que é o ponto médio do intervalo de chuva entre 0.0 e 2.5 mm, foi considerado como representativo das chuvas fracas.

(b) considerando a precipitação total (incluindo as chuvas muito fracas):

onde N_3 é o número de dias com precipitação.

$$I_2 = \frac{P}{N_3} \qquad (3)$$

(c) supondo que a precipitação total tivesse se distribuído ao longo de todos os dias do período:

$$I_3 = \frac{P}{TA - N_4} \qquad (4)$$

onde TA é o número da amostra e N_4 é o número de dias sem observação (representando as falhas nas séries).

Para a análise estatística foram calculados o desvio padrão, a variância e os quantis 1(Q_1), 2(Q_2), 3(Q_3), 4(Q_4) e comparados com os totais anuais (T) de precipitação de cada ano. Foram utilizados os quantis das ordens 0.15; 0.35; 0.65 e 0.85. O ano considerado muito seco foi aquele que o valor de $T< Q_1$; para ano considerado seco, $Q_1 \leq T \leq Q_2$; foi considerado normal aquele que $Q_2 \leq T \leq Q_3$; foi considerado ano chuvoso aquele que $Q_3 \leq T \leq Q_4$; e o ano considerado muito chuvoso se $T>Q_4$, de acordo com a metodologia de XAVIER & XAVIER, 1984 citado por COSTA *et alli*, 2003.

Para determinar os extremos absolutos da precipitação ao longo do período analisado foi determinados a média mais três vezes o desvio padrão.

Foram determinados os períodos mais secos, os trimestres (estações do ano) menos chuvosos, mais chuvosos, a precipitação máxima e mínima (acumulada em 1 ano), a média do período e medida móvel, a fim de se avaliar o comportamento temporal da precipitação, e a partir daí, analisar uma possível relação entre os fenômenos El niño e La niña e os valores de precipitação que foram acima ou abaixo da média.

Para se determinar o horário com chuvas mais intensas, foi utilizado a metodologia no período de 1969 a 2003, utilizando os dados horários no intervalo de 21 a 9 horas local; de 9 a 15 horas local e entre 15 a 21 horas local.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na estação meteorológica de São José, Grande Florianópolis, a frequência relativa percentual média anual da precipitação do período de 1911 a 2003, as chuvas de 0.0 mm e menor que 2.5 mm, muito fracas, correspondem a 45%, representa quase a metade das chuvas diárias. Outros 45%, para frequência relativa percentual média nos intervalos de: chuva maior que 2.5 mm a 5.0 mm, maior que 5.0 mm a menor que 10.0 mm, maior que 10.0 mm a menor que 15.0 mm e maior que 15.0 mm a menor que 25.0 mm, correspondem

a respectivamente: 13%; 14%; 9% e 9%, são atribuídos às chuvas fracas, normal, moderada a forte. Os 10% restantes, pertencem as chuvas severas, muito forte ou intensa, numa período de 24 horas, compreendido entre 9 da manhã do dia atual e 9 da manhã do dia seguinte, hora local para um frequência relativa percentual média acima de 25.0 mm diárias, como mostra a figura abaixo:

Figura 1 – Frequência de chuvas nos intervalos acima.

Vale ressaltar que as chuvas moderada a forte, ou seja, frequência relativa percentual média de maior que 10.0 mm e menor que 15.0 mm e para chuvas maior que 15.0 mm e menor que 25.0 mm, representa 18% para o local estudado.

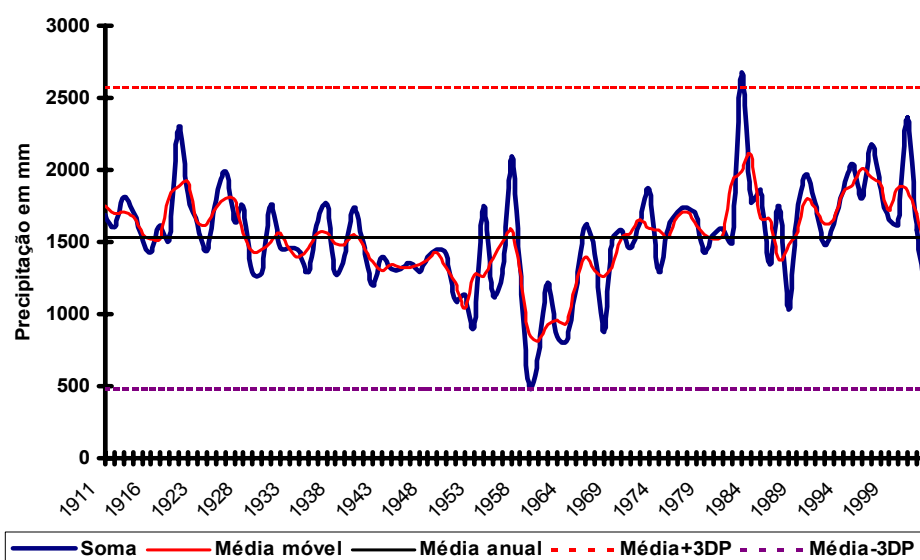
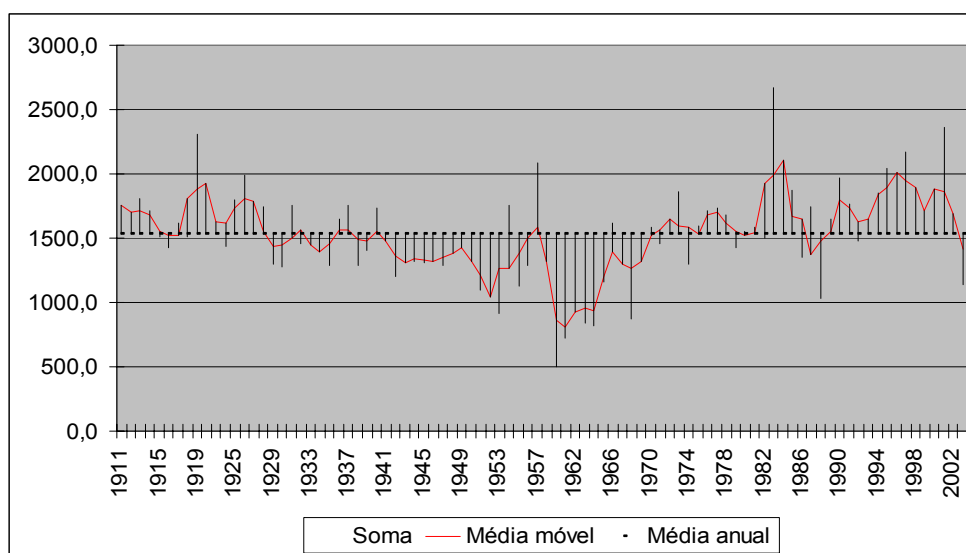
Utilizando-se de dados totais entre os três horários sinóticos 12, 18 e 00 z, equivalente 9, 15 e 21 (hora local). Eliminando-se as chuvas muito fracas, abaixo de 2.5 mm no intervalo de 21 horas do dia atual a 9 horas do dia seguinte, observa-se que:

Chuvas menores que 2,5 mm e menores que 25.0 mm, ou seja, chuvas fracas, normais, moderadas e fortes, corresponde a 46%. Admitindo-se o mesmo intervalo de horas consecutivas para chuvas severas, muito forte ou intensas, encontra-se uma porcentagem superior ao critério acima, que é de 58%.

Para chuvas entre o intervalo de 9 horas a 15 horas do dia atual para um percentual de chuvas fracas, normais, moderadas a fortes, corresponde a 21%. E para chuvas severas, intensas ou muito fortes (acima de 25.0 mm diários), corresponde a 15% apenas, ou seja, as chuvas muitos fortes ocorrem em menor percentagem entre os horários de 9 a 15 horas.
No intervalo entre 15 e 21 horas do dia atual, para o intervalo maior que 2,5 mm e menor que 25.0 mm, mesmo critério dos demais, observa-se uma percentagem de 33%, e para

chuvas muito fortes de 27%. Neste período, as chuvas, fracas, normais, moderadas e fortes superam as chuvas intensas, porém possui maior percentagem do que o horário do início da manhã até a tarde.

Considerando-se o período analisado entre 1911 a 2003, a média anual da precipitação é de 1.531 mm. Em São José região da Grande Florianópolis, as chuvas são distribuídas em 34% no verão, 21% no outono, e 19% no Inverno e a 26% na Primavera.

Em relação a média anual, 59% doa anos ficaram com chuvas acima da média e 41% abaixo. Entre a maior percentagem, encontra-se os seguintes períodos, 1911 a 1928 e entre os anos de 1942 a 2002. Por outro lado, a menor percentagem foi verificada no período de 1942 a 1970, como mostra as figuras abaixo.

Figuras 2 e 3 – Comportamento dos totais anuais de 1991 a 2003

Nos anos de eventos de El niño, coincidem com anos dos episódios mais chuvosos, assim com em anos de La niña, mas numa relação menor e de forma inversa, ou seja, períodos secos.

Nos anos mais secos em relação a média (1942 a 1970), apesar de predominarem eventos de La niña, também foi registrado o maior número de períodos normais ou sem eventos.

Nos intervalos médios do desvio padrão, triplicados acima e abaixo da média anual, ou seja, acima de 1% extremo aos valores médios de desvios padrões, registrou-se um ano extremamente chuvoso (1983, 2.673,8 mm, evento de El niño) e um ano extremamente seco (1959, 496,5 mm, evento de El niño).

4. CONCLUSÕES

Os resultados mostram que chuvas severas ocorrem preferencialmente entre os horários entre 21 e 9 horas local e cerca de 10% do total diário para o período estudado. Principalmente na estação do verão seguido pela primavera, outono e inverno. Também é notado que quase a metade das chuvas no município são muitas fracas, mas é interessante ressaltar, que a percentagem restante é distribuída entre chuvas moderadas a forte.

5. BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. S., SANTOS, J. G. M., MATTOS, J. G. Z., KLERING, E. V. & CHAPA, S. R. **Contribuição de tipos de sistemas de chuva na região sul do Brasil durante o ano de 1997-1998**. XIII, CBA, Santa Maria-RS.

CUSTÓDIO, M. A. M., HERDIES, D. L., 1994. **O jato de baixos níveis e leste da Cordilheira do Andes**: um estudo de caso. CBMet, 8:617-619. Belo Horizonte-MG. Anais II

FERANDES, K. A., SATYAMURTY, P, 1994. **Cavados invertidos na região central da América do Sul**. CBMet, 8:93-94. Belo Horizonte-MG. Anais II.

GAN, M. A., RAO, V. B., 1991. **Surface cyclogenesis over South America. Mon. Weather** Ver., 119.

NASCIMENTO, E. L., PICANÇO, C. G., MARQUES. V. S. **Distribuição de dias chuvosos no município do Rio de Janeiro**.

MONTEIRO, M. A.- **Caracterização climática do Estado de Santa Catarina: Uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano**. GEOSUL, n° 31, Florianópolis, 2001

MONTEIRO, M. A. & FURTADO, S. M. A. **O clima do trecho Florianópolis-Porto Alegre**: Uma abordagem dinâmica. GEOSUL, n° 19-20. Florianópolis, 1995

OLIVEIRA, A. S., 1986 **Interações entre sistemas da América do Sul e convecção na Amazônia**. Dissertação de Mestrado em meteorologia INPE, São José do Campos, Out 1986 (INPE-4008-TDL/239).

PREREIRA, M. P. S., GOMES, H. B. & DI PACE, E. L. **Condições anuais de precipitação pluviométrica no município de Junqueiro, Alagoas**. XIII, CBA, Santa Maria-RS.

ROUCOU, P. ARAGÃO, J. R., FONTAINE, B. HARZAALLAH, A., JANICOT, S. **Vertical motion chages related to Northeast Brazil rainfall**.

SILVA, M. A. V., DIAS, T. M. º, BRITO, C. A., ROCHA, P. J. & COSTA, L. V. **Estudo da estação chuvosa para a região de Luis Eduardo Magalhães/Oeste da Bahia**. XIII, CBA, Santa Maria-RS.

XAVIER, T. DE Ma, B. S. & XAVIER, A. F. S. **Classificação de anos secos e chuvosos na região Nordeste do Brasil e sua distribuição espacial**. Anais do II CBMet, Belo Horizonte, 1984.

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS CLIMÁTICOS NA AGRICULTURA DO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO – 1986 A 2003

NAIR GLORIA MASSOQUIM[1]
ÁUREA VIANA DE ANDRADE[1]

[1]UNESPAR/FECILCAM - Campus de Campo Mourão,
nmassoquim@fecilcam.br,aandrade@fecilcam.br

MASSOQUIM, N. G.; ANDRADE, A. V. Avaliação dos impactos climáticos na agricultura do município de Campo Mourão – 1986 a 2003. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 651-664. (CD-ROM)

RESUMO
Os fenômenos do clima e elementos do tempo meteorológico são objetos de estudo de significativa relevância para se compreender o desenvolvimento, produção e produtividade de culturas agrícolas. Entende-se que para esse setor da economia, o índice, a distribuição da chuva e a variação térmica no decorrer dos meses do ano, são de suma importância para melhor planejar as atividades. Nesta pesquisa apresenta-se as variações e influência de alguns elementos do tempo meteorológico (precipitação e temperatura),bem como suas implicções e interferência na produção agrícola, nos últimos dezoito anos, no Município de Campo Mourão. Para o estudo elaborou-se um banco de dados, confeccionou-se tabelas e gráficos utilizou-se de referencial teórico, coleta de dados em órgãos como INMET[1], IBGE[2], SEAB[3], ECPCM[4] e SIMEPAR[5] . Valendo-se do referencial teórico analisou-se elementos e fenômenos do clima e detectou-se que as interferências de maior relevância que intervém no desenvolvimento da produção e desempenho na produtividade agrícola, além das geadas ocasionais, são provocadas por anomalias, dentre elas, a atuação do fenômeno El Niño, e estiagem no outono. As estiagens ocorreram em 4 dos últimos cinco anos da pesquisa, prejudicando lavouras alternativas como o milho safrinha.
Palavras-chave: clima, El Niño, agricultura regional**.**

ABSTRACT
The study of the climate phenomena and elements of the meteorological weather are very relevant for a better understanding of agricultural cultures, especially concerned to their development, production and productivity. It is taken for granted by this section of the economy that the index, the rain falls, and the thermal variations along the months of the year are of the highest importance for improving the planning of the activities. In this research the variations of some elements of the meteorological weather (precipitation and temperature) as well as their influence and interference in the agricultural production of the last nineteen years in the Municipality of Campo Mourão city are presented and discussed. The data were collected in reliable organs as INMET, IBGE, SEAB, ECPCM and SIMEPAR and were transformed into tables and graphs. The theoretical references gave support for the analysis of the data and make it possible to conclude that the largest and most relevant climatic phenomena that interfere in the development of the agricultural production and productivity of the region under study, besides the occasional frosts, are caused by anomalies, among them, the performance of the phenomenon El Niño, and the autumn droughts. These droughts happened four times in the last five years covered by this research, bringing serious damages to the alternative crops, such as the corn crop (safrinha de milho).
Key-words: climate. El Niño. impacts. regional agriculture

1. INTRODUÇÃO

Entre os vários fatores que regem a natureza, o clima possui um lugar privilegiado, pois é responsável direto pela estruturação do relevo, desenvolvimento, composição do solo e da vida tanto animal, quanto vegetal. Pela sua adversidade, auxiliada por mudanças

[1] INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.
[2] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
[3] SEAB – Secretaria Estadual da Agricultura e do Abastecimento.
[4] ECPCM – Estação Climatológica Principal de Campo Mourão.

antropogenéticas, o clima torna-se um fator de interferência contribuindo para alterações globais e aumentando a ocorrência de impactos ambientais.

> Embora por longos intervalos de tempo não existam evidências de que estejam ocorrendo modificações climáticas em grande escala, anualmente ocorrem variações regionais no comportamento dos elementos meteorológicos, expondo as atividades humanas a altos riscos e insucessos. Dentre os fenômenos, a precipitação pluviométrica é um dos que apresentam maior variabilidade, constituindo-se num dos principais fatores de risco (DEFFUNE, 1995, p. 490).

Considerando as variações como uma problemática a ser discutida buscou-se, nesta pesquisa, analisar os períodos de maior concentração pluviométrica, de escassez e as variações térmicas, nesse caso em especial, as médias e extremas de mínima. Os estudos destes elementos são necessários para avaliação da influência no desenvolvimento das atividades agrícolas, no município de Campo Mourão, localizado na Mesorregião Geográfica Centro Ocidental Paranaense, considerado pólo em virtude da sua significativa sustentação econômica, tanto com a produção In-natura, quanto de processamento agroindustrial. Para auxiliar na pesquisa levou-se em conta o rico acervo de dados meteorológicos que se encontra nos arquivos da Estação Climatológica Principal de Campo Mourão, e outros registros sobre produção e produtividade das culturas agrícola de inverno, milho safrinha e trigo, coletado junto ao SEAB.

Os itens que seguem abordam aspectos característicos do clima em Campo Mourão; influências dos fenômenos climáticos, a exemplo dos efeitos regionais da La Niña e do El Niño, e as influências das variações dos elementos meteorológicos de temperatura e precipitação pluviométrica, nas culturas agrícolas do trigo e do milho safrinha.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da pesquisa fez-se uso de abordagem teórica analítico descritiva, com observações empíricas, levantamento e análise de dados estatísticos, revisão de referências bibliográficas, bem como, análise de dados visuais e instrumentais (quantitativos e qualitativos).

A pesquisa efetivou-se a partir de quatro etapas. A primeira constitui-se da confecção de um banco de dados climático, referentes aos anos de 1986 a 2003, com coletas em fontes como: ECPCM, INMET, SIMEPAR e SEAB. Na segunda etapa, confeccionou-se

---

[5] SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná.

tabelas e gráficos a partir dos mapas meteorológicos 1010 "Ä", contendo dados diários e mensais de todos os elementos, utilizou-se, em especial, os de precipitação pluviométrica e os de médias e extremas de mínima por considerar-se os mais significativos para esta pesquisa. Os dados sobre área plantada, produção por tonelada e rendimento médio dos produtos agrícolas como o trigo e o milho safrinha também foram selecionados. Na terceira etapa, selecionou-se os dados e (re)elaborou-se tabelas, as quais encontram-se na pesquisa como Tabelas 1, referente ao total mensal e anual de temperaturas nos 18 anos, Tabela 2 , referente às médias das temperaturas mínimas dos mesmos anos; Tabela 3, com dados referentes a extremas de mínimas para se observar o ritmo nas quedas de temperaturas. Para a concretização utilizou-se ainda, dados de produção e produtividade agrícola do município, coletados junto ao SEAB e IBGE[6] e dados confeccionados na Tabela 4. A última etapa efetivou-se a partir do resultado das análises das referidas tabelas em que se aborda sobre o comportamento estacional e anual do tempo, a variabilidade térmica e pluviométrica de maior relevância do período já referenciado. Foram também determinados nesta pesquisa as médias de precipitação anual e algumas variações mensais, em razão do total de precipitação em mm (milímetros), bem como a sua atuação e influência na produção por tonelada e rendimento médio da produtividade agrícola. Considerando-se que nem sempre as normais climáticas servem de parâmetro quando se trata de analisar temperaturas e suas influências na produção e produtividade, utilizou-se também dados de temperaturas extremas de mínimas.

2.1 Caracterização Climática do Município de Campo Mourão

Para falar da influência do clima sobre alguns produtos regionais, faz-se necessária uma abordagem sucinta sobre a classificação climática no Município de Campo Mourão. Para tanto se reporta a notáveis teóricos que com astúcia fizeram uma classificação climática do globo terrestre, a qual serve como base para análise dos climas regionais. Levando-se em conta a classificação genérica de Köppen (1918) o clima de Campo Mourão pode ser classificado como Cfa - clima úmido com chuvas bem distribuídas em todas as estações do ano e verões quentes.

> [...] de todas as classificações climáticas, a mais conhecida universalmente é a de Köppen. Este notável climatologista alemão, levou em consideração para sua classificação, as temperaturas e as precipitações mensais de chuva, bem como os tipos de paisagens resultantes (WONS,1994, p. 69).

---

[6] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística.

Apesar da difusão e avanços da classificação de Köppen, outros autores como Thornthwaite (1948), também fizeram importantes colocações com relação aos elementos do tempo e classificação do clima.

> Thornthwaite, deu mais um grande passo no sentido da racionalização, ao introduzir ainda, além da precipitação e temperatura, a evapotranspiração potencial (EP) como elemento de classificação climática. Assim, para ele, não poderíamos dizer se um clima é seco ou úmido atendendo somente para a pluviométria, mas sim, relacionando-a com as necessidades hídricas (DEFFUNE, 1994 p. 05).

Comparando-se os ambientes segundo a classificação de Thornthwaite, o município de Campo Mourão, dentro do padrão normal, classifica-se como de clima subtropical úmido, com excesso de chuva no verão, e com pequena deficiência hídrica no período de inverno; quanto à temperatura, caracteriza-se como mesotérmica.

Tendo em vista a revolução técnica científica, muitos dos conceitos dos autores passaram a ser questionados, seria necessária uma teoria que propagasse a dinâmica da natureza dos fenômenos. Nessa perspectiva surge, no Pós-Guerra, novos debates acerca da propagação da Meteorologia e a Climatologia dinâmica, levando em conta a necessidade de se efetuar estudos que contribuíssem para o desenvolvimento tecnológico na agricultura. A classificação climática genética de Strahler (1969) procura explicar essa dinâmica observando a influência dos fenômenos, valendo-se da atuação das massas de ar. No contexto, o autor leva em conta apenas dois critérios para sua classificação: a característica das massas de ar e a precipitação.

Straler (1969) apud Ayoade (1985, p. 227) considera que:

> Os climas do mundo são classificados em três divisões principais – os climas das latitudes baixas, os das latitudes médias e o das latitudes altas. Essas três divisões estão subdivididas em 14 regiões climáticas, às quais se acrescenta ainda o clima das terras altas, onde a altitude surge como controlador dominante.

Segundo esta teoria, o município de Campo Mourão, bem como toda a Região Sul do Brasil, se enquadra na classificação dos “Climas das latitudes médias – climas controlados pelas massas de ar tropicais e polares” (AYOADE, 1985, p. 228). Portanto, clima subtropical úmido dominado largamente por massa de ar de origem marítima.

Ao analisar as teorias tanto da abordagem genérica ou empírica de Köppen (1918), quanto da genética de Straler (1969), observar-se que o padrão de classificação do clima para Campo Mourão pode ser considerado homogêneo, quanto à característica da

umidade; divergente, na distribuição das chuvas; e um pouco contraditório quando se refere a temperaturas mesotérmicas e verões rigorosos. Contudo, deve-se levar em consideração que as classificações foram efetuadas para escalas zonais, isto é, macroclimáticas, adaptadas para o Brasil e regiões, em razão disso, acentuam-se as divergências quando reportadas a escalas mesoclimáticas, todavia, ainda são os estudos mais eficientes para se tomar como parâmetro.

Para se elaborar uma classificação regional, para o Município de Campo Mourão, contrapondo-se as abordagens, classificações e tipos climáticos referenciados pelos autores, necessita-se de um acervo de dados meteorológicos de um período de 30 anos e contextualizações teóricas.

2.2 Análise da Precipitação Pluviométrica no Município de Campo Mourão

Segundo Ayoade (1985) "Os elementos climáticos mais freqüentemente usados para caracterizar o clima sobre determinada área são a temperatura e a precipitação pluvial". São nestes dois elementos do clima que esta fundamentada a presente pesquisa. Para discutir a influência dos elementos, tomou-se como parâmetro alguns estudos já elaborados sobre normais climáticas em especial, o índice de precipitação, no estado e na região.

> [...] dentre os elementos climatológicos, a precipitação é o que diretamente reflete a estabilidade do tempo e a intensidade com que essas variações se processam, podendo ainda ser considerada como um dos principais fatores responsáveis pelo desenvolvimento dos sistemas morfogenéticos tropicais (SILVA&SANTOS,1979, apud BIGARELA, 1994, p. 80).

A variável precipitação se constitui junto com a temperatura em um elemento de grande relevância para o desenvolvimento da agricultora, pois sua distribuição no tempo no espaço, juntamente com outros elementos da paisagem geográfica, são responsáveis pela definição dos padrões de produção e produtividade agrícola.

Conforme classificação de Maack (1981), no estado do Paraná o índice pluviométrico é de 1500 mm anuais. Comparando com a coleta de dados no período de 1986 a 2003, observou-se um aumento das chuvas em 14 dos 18 anos analisados (tabela 1), onde se constatou, para o município de Campo Mourão, uma média anual de aproximadamente 1700 mm. Os anos em que as médias ficaram inferiores ao padrão normal anual, foram os de 1988, 1999 e 2001. Pode-se afirmar que em alguns desses anos houve influencias de fenômenos adversos, dentre eles, a La Niña, é caracterizado por um

período mais frio. Isso ocorre porque em determinado ponto do Oceano Pacífico, as águas ficam abaixo da temperatura normal originando no continente, em especial na Região Sul do Brasil, um período mais seco. A La Niña, segundo Arntz&Fahrbach, é caracterizada como o reverso do El Niño.

> La Niña, la hermana fría de El Niño. Esta situacìõn se encontró por ejemplo em noviembro de 1988. Temeraturas suprficiales frías en el Pacífico Oriental refuerzan la circulación Wolker, y esto conduce a menores precipitaciones en la estación de observación de la Isla de Canton (Polinesia) y a uma presión atmosférica baxa en Dejakarta. Ao miesmo tiempo, el debilitamiento de la celda de Hadley provoca una disminución de la presión atmosférica em la zona de presión alta subtropical con el consiguiente debilitamiento de los vientos alisios; el afloramiento disminuye y resulta en un aumento de la temperatura del océano (1996, p. 36, 38).

Contudo, esse fenômeno nem sempre atinge a região de estudo, entre os anos de 1986 a 2003, com exceção dos anos de 1988 e 1999, não foi muito acentuada a presença da La Niña. Isso comprova que nem todas as anomalias regionais podem ser atribuídas a ela, a exemplo do ano de 2001 (tabela 1) onde se detectou uma escassez de chuvas em 6 dos 12 meses sem que houvesse a presença do referido fenômeno À estas alterações não comprovadas pelos fenômenos citados, atribuí-se outros fatores de influência na circulação geral da atmosfera.

Em razão de a discussão tratar da análise dos índices de precipitação, torna-senecessário tecer algumas considerações também sobre o El Niño, haja vista, o impacto socioambiental que o mesmo acarreta no espaço geográfico.

Sobre o El Niño Molina observa que:

> La Organización Meteorológica Mundial define "El Niño" de una forma muy general, es decir, como el calentamiento anómalo del agua oceánica frente a las costas occidentales sudamericanas, acompañado habitualmente de fuertes lluvias en las regiones costeras de Perú y Chile (1999, p. 57).

Para Monteiro:

> Este "monstro Iimpiedoso" surge como uma corrente de águas quentes – mais quentes que o habitual – nas águas do Pacífico Equatorial que, progredindo em direção às costas ocidentais do continente sul americano, onde reina (do Sul para o Norte) a corrente fria, de Humboldt, principia a produzir um rosário de anomalias calamitosas que muito longe de parar por aí, repercute pelo mundo todo. Evidencia-se assim um caráter "global"pois que acontece do equador aos pólos, nas diferentes zonas, continentais e regiões da terra (2002, p. 11).

O fenômeno é tratado teoricamente como ENZO[7], e os atuais resultados dos modelos climáticos indicam que o fenômeno é o resultado da interação entre o oceano e a atmosfera, associado a alterações dos padrões normais de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, entre a costa do Peru e a Austrália[8]. O fenômeno pode ter duração de 1 a 2 anos e quando se manifesta, a Região Sul do Brasil é afetada por aumento de precipitação, particularmente durante a primavera, no primeiro ano e no fim do outono e início do inverno no segundo ano, enquanto que na Região Nordeste se caracteriza um período de estiagem ou seca.

No caso da Região de Campo Mourão, com a presença característica do El Niño nos anos de 1992, 1997/1998, o índice mensal de precipitação foi extremamente relevante, o que pode ser comprovado na Tabela 1. Nestes anos, os registros anuais de precipitação foram respectivamente, 1820 mm, 2052 mm e 2097 mm. Entretanto, nem todos os altos índices de precipitação podem ser atribuídos ao fenômeno, como exemplo tem-se o ano de 1990, onde se registrou, no município de Campo Mourão, o maior índice de precipitação dos anos pesquisados, 2161 mm. anual. Os dados amostrais da referida Tabela, ainda representam a real distribuição mensal dos índices de precipitação. Verifica-se que, com exceção ao mês de janeiro de 1990, com índice de precipitação de 424 mm, nos demais anos, os meses de maiores índices pluviométricos, variaram entre as outras estações. Isso mostra que apesar da média geral concentrar-se no período de verão, quando se apresenta o fenômeno El Niño, pode ocorrer índices elevados nas outras estações. Tal fato foi constatado nos meses de agosto de 1996, com 445 mm., junho de 1997, com 328 mm. e no ano de 1998, nos meses de abril e setembro, com índices de precipitação de 441 e 382 mm.

TABELA 01- MÉDIAS PLUVIOMÉTRICAS ANUAIS DO PERÍODO DE 1986 A 2003

mês	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Jan	183	134	164	85	424	159	32	252	178	355	391	247	179	202	121	184	281	224.4
Fev	313	237	166	137	37	108	114	127	253	82	110	245	151	274	353	159	92	262.4
mar	96	65	62	144	176	109	202	131	122	168	90	43	176	128	97	109	14	217.9
Abr	158	115	19	90	121	43	253	53	86	96	45	293	441	115	12	66	30	111.1
mai	299	254	212	34	136	25	379	129	141	61	39	71	91	45	44	89	377	76.0
Jun	11	73	64	87	115	150	35	118	157	100	46	328	115	164	155	92	06	67.9
Jul	30	76	2	12	143	7	94	117	153	59	7	56	28	61	106	55	62	91.8
Ago	218	49	1	152	146	165	96	2	1	10	455	46	160	00	209	80	104	39.0
Set	74	80	13	180	316	164	120	197	21	150	133	237	382	72	252	113	152	109.6
Out	35	105	146	138	187	86	220	151	243	239	220	244	195	39	138	79	151	119.9
Nov	74	282	28	79,5	75	146	220	124	97	64	133	138	37	49	154	161	235	137.9
Dez	209	167	237	145	131	221	72	**289**	189	120	388	148	142	131	127	151	128	187.4
Total	1701	1637	1281	1698	2161	1435	1820	**1693**	**1642**	**1506**	1642	2052	2097	1291	1763	1298	1632	1.648

Fonte: Estação Climatológica Principal de Campo Mourão – Elaboração: MassoquimWesley&Mota.

[7] ENZO – El Niño - Oscilação Sul.
[8] Nery, Jonas. Exposição teórica proferida pelo professor, em aulas de Climatologia das Regiões Tropicais (mestrado e doutorado) na UEM, março de 2002.

Outra variável do clima considerada de igual importância no objeto deste estudo é a temperatura. Nesse contexto optou-se por analisar apenas as médias anuais das temperaturas mínimas dos meses de janeiro a dezembro, bem como suas extremas (menores temperaturas), por estarem diretamente relacionada aos prejuízos causados nas culturas agrícolas de inverno.

2.3 Análise das Temperaturas e Variabilidade Térmica

Quanto às temperaturas mínimas, analisou-se a média dos meses dos anos de todo o período referenciada na Tabela 2. Contudo, quando se trabalha com as normais climáticas não é possível ter uma visão dos prejuízos causados pelas adversidades, uma vez que se analisa só as médias. A exemplo das temperaturas médias das mínimas, verificadas entre os meses dos anos de 1986 a 2003, as mais baixas ocorrem nos meses de julho com 8,6ºC em 1988, e 8,7º C em 1996. Conforme se pôde observar, se analisar apenas as médias das temperaturas mínimas, estas não apresentam padrões de comportamento severo. Porém, se tomar como parâmetro as extremas, conforme Tabela 3, detecta-se temperaturas significativas a exemplo do ano de 2000, com -5.4 ºC (negativo).

TABELA 2- MÉDIAS ANUAIS DA TEMPERATURA MÍNIMA NO PERÍODO DE 1986 A 2003

mês	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Jan	20.5	20.1	20.2	20.0	19.8	19.3	18.5	19.1	17.9	20.1	19.4	19.7	20.1	19.0	19.1	19.3	18.0	23.9
Fev	18.7	18.1	18.6	19.4	18.3	17.7	19.4	16.6	19.7	18.8	19.4	19.5	19.9	19.3	18.9	19.5	17.5	19.8
mar	18.4	17.4	19.5	18.2	19.3	18.7	18.4	18.0	17.1	18.1	18.2	17.3	18.5	19.1	18.0	19.2	19.8	18.4
Abr	16.7	16.8	17.2	17.0	18.6	16.5	15.6	17.0	16.3	13.6	16.6	13.7	15.8	15.1	12.6	17.7	18.7	15.3
mai	14.8	12.1	13.8	12.5	12.0	13.6	14.8	13.0	14.4	12.0	13.1	13.0	12.0	11.5	11.3	11.2	15.4	11.0
Jun	11.6	10.1	10.2	11.1	11.4	13.1	14.6	10.7	10.8	12.2	10.7	10.7	10.1	10.1	12.5	10.9	14.0	13.2
Jul	10.8	13.8	8.7	8.9	8.9	9.9	9.5	10.0	10.8	13.5	8.6	11.4	12.0	12.1	7.1	11.3	10.9	11.6
Ago	13.0	10.8	12.08	11.7	11.3	14.8	11.3	11.2	11.6	13.6	12.0	11.7	13.7	10.6	12.3	13.1	13.8	7.9
Set	13.4	13.4	15.3	12.7	12.1	14.8	13.4	14.3	17.3	13.5	11.4	15.0	14.9	14.4	14.1	14.2	11.9	12.3
Out	14.3	16.1	15.4	14.2	17.4	16.0	16.2	16.7	17.4	13.5	11.4	15.0	16.3	15.4	16.9	16.0	18.4	15.1
Nov	18.7	17.9	17.8	17.0	18.7	16.4	16.5	17.2	16.9	17.1	16.5	18.7	16.6	14.9	17.4	18.3	17.7	16.8
Dez	19.3	18.4	19.0	19.6	18.7	18.8	19.3	18.8	19.7	18.1	18.8	19.4	18.2	18.2	17.5	17.4	19.5	19.0

Fonte: Estação Climatológica Principal de Campo Mourão – Elaboração: MassoquimWesley&Mota.

> As normais climáticas apresentam restrições quando se pretende compreender certos fenômenos geomorfológicos. Os dados representam média que tendem a obscurecer as variações de curtos períodos. Estas podem desempenhar papel importante no processo geomórfico. Assim os valores médios não se prestam à caracterização de uma realidade complexa, por não avaliarem a importância dos “impulsos climáticos” no contexto ambiental (SILVA&SANTOS,1979, apud BIGARELA, 1994, p. 80).

A condição explorada pelo autor pode ser aplicada também para este estudo. Portanto, quando se trata da relevância dos dados climáticos de temperaturas mínimas e máximas deve-se trabalhar com valores extremos, esses são representativos porque são

extraídos dentre as menores ou maiores temperaturas do mês , podendo ser detectados os rítmos.

Analisando-se a Tabela 3, constatou-se que a maior parte das temperaturas negativas foram registradas em julho de 1989, com -2.6ºC; 1990, com -1.2ºC; 2000 com -5.4ºC; 2001, com -1.2ºC e em agosto de 1999 com -0,8 (negativos). Observou-se, também que apesar da relevante queda na temperatura e geadas esporádicas, no outono e na primavera, a menor temperatura para o Município de Campo Mourão ainda é característica de inverno. As temperaturas mínimas analisadas para esta pesquisa, foram as de abrigo meteorológico. Embora a mínima de relva fosse mais significativa, abdicou-se desses dados pela falta de registros contínuos. No ano de 2000, o termômetro de mínima do abrigo (termométrico) registrou -5.4ºC (negativos), enquanto que, o termômetro de mínima de relva registrou temperatura de -9.2ºC (negativos), considerada pelos meteorologistas (INMET) a maior queda de temperatura dos últimos 45 anos, na região.

TABELA 3 - AS MENORES TEMPERATURAS DE MARÇO A SETEMBRO DE 1986 A 2003

Ano	1986	1987	1990	1988	1989	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Mar	15.1	5.7	14.6	16.4	13.0	14.6	16.9	15.0	14.8	12.4	12.0	13.2	7.8	15.9	14.8	17.0	17.0	15.0
Abr.	10.6	14.4	13.2	13.0	11.8	9.2	9.7	11.0	7.9	5.5	5.4	7.2	6.4	2.0	8.2	13.0	13.0	6.6
Mai	3.8	3.6	2.0	3.4	5.8	6.2	9.2	5.2	10.2	5.8	10.0	8.3	7.4	2.2	3.1	3.4	3.4	3.4
Jun.	6.0	3.0	1.0	1.2	7.2	5.0	10.2	4.4	1.0	2.4	3.3	2.8	5.0	3.2	3.0	0.6	7.6	9.3
Jul.	6.8	6.2	-1.2	2.8	-2.6	1.0	2.4	0.8	1.6	6.8	3.0	7.0	5.2	7.4	-5.4	-1.2	-1.2	4.3
Ago.	6.2	2.5	1.4	3.1	3.8	1.3	5.3	2.5	3.2	11.6	5.4	3.6	7.8	-0.8	6.2	9.7	9.7	2.0
Set.	3.4	4.6	2.0	11.0	5.4	12.6	8.2	6.9	8.2	6.8	10.6	10.8	1.0	8.8	5.8	3.8	3.8	1.4

Fonte: Estação Climatológica Principal de Campo Mourão: Massoquim&Andrade.

2.4 Influência dos Elementos Climáticos na Produtividade Agrícola da Cultura do Trigo e Milho Safrinha

A relevância da produção agrícola ocorre levando-se em conta fatores de ordem político-econômica mas, em especial, é condicionada por elementos climáticos. O comportamento dos elementos do tempo e do clima é de suma importância no planejamento das atividades agrícolas. Para Ayoade. “A temperatura do ar e do solo afeta todas os processos de crescimento das plantas. Todas os cultivos possuem limites térmicos mínimos, ótimos e máximos para cada um de seus estágios de crescimento” (1996, p. 264).

Nesse sentido, dentre os elementos climáticos, a temperatura tem papel fundamental e decisivo para o desenvolvimento agrícola. Os registros de temperaturas mínimas não necessariamente têm que ser negativas para que ocorra o congelamento do ponto de orvalho, pois a temperatura mínima do abrigo pode manter-se até 2, ou mais º C de diferença (acima) da mínima de relva. As quedas de temperatura próximas ao negativo

têm prejudicado as culturas como o trigo, a mandioca e o milho safrinha que vem se destacando dentre os produtos paranaense.

> As baixas temperaturas matam ou prejudicam as plantas. O resfriamento prolongado das plantas, com temperaturas acima do ponto de congelamento, retarda o crescimento vegetal e pode matar as plantas adaptadas somente a condições quentes. Todavia a cultura do trigo, apesar de ser típica de regiões frias, também tem seu período crítico (AYOADE, 1986, p. 264)

Para o município de Campo Mourão, o resfriamento prolongado tem prejudicado a produtividade do milho safrinha, uma vez que as baixas temperaturas retardam o desenvolvimento. O ideal é que as temperaturas fiquem acima de 0ºC, se houver geadas, as condições para a cultura pioram, levando a planta a morte

> Condicionada pela tecnologia no campo, mecanização e facilidade no manejo e adaptação ao período de entressafra da soja, a cultura do trigo teve um grande avanço na década de 70, com tendência à queda uma década depois. Dentre os fatores responsáveis estão: o risco por ser uma cultura de inverno e estar susceptível às baixas temperaturas em épocas indevidas; a falta de uma política de incentivo à produção e à política de exportação do produto (MASSOQUIM&MOTA, 1999).

Neste caso analisa-se apenas a questão do risco por ser uma cultura de inverno e estar susceptível às baixas temperaturas em épocas indevidas, Para a cultura do trigo que é típica de inverno e tem o seu período de germinação, crescimento e produção vinculados aos meses em que ocorrem as maiores quedas de temperatura, a cultura fica susceptível às variações dos fenômenos climáticos, em especial às baixas temperaturas (geadas), acarretando maiores probabilidades de perda. Os meses de maior risco para o trigo são os de junho a início de julho, quando este se encontra em estágio de florada e emborrachamento. Além de que, as adversidades climáticas podem ocorrer também nos meses de colheita, final de setembro, quando ocorre maior índice pluviométrico. Esses fatos e a falta de incentivos do governo faz com que essa cultura venha, paulatinamente, abrandar sua área de plantio, dando lugar ao milho safrinha e a cultura da mandioca, que vem gradativamente ganhando espaço na região. Embora as referidas culturas sejam atípicas `as estações de outono/inverno, possuem maior incentivo de mercado. No entanto, a produção dessas culturas é para os agricultores sinônimo de ousadia e prejuízos.

Tanto para a cultura do trigo quanto à do milho safrinha chama-se a atenção para os dados da Tabela 4, de acordo com a referida Tabela, pode-se observar a evolução e

involução dessas culturas, especialmente a do trigo, que nos anos de 1986 a 2003 teve seu auge no ano de 1988 com 72.000 ha de área plantada. Porém, resultou numa baixa produtividade atribuída a longa estiagem do final de outono e meses de inverno, inclusive se repetindo, mesmo que com menor intensidade no ano seguinte (Tabela 2). Outro fato verificado ocorreu no ano de 1990, quando o alto índice de precipitação contribuiu para a proliferação de doenças e afetou a época de colheita, mês de setembro (316 mm), resultando num rendimento médio de apenas 783 Kg/ha. menor índice de rendimento registrado nos últimos 18 anos da pesquisa (Tabela 4). Essa repercussão levou a uma considerável queda na área plantada nos anos subseqüentes. Em contrapartida, houve anos como os de 1996 e 2001 em que a produção manteve-se dentro dos padrões normais, com rendimento médio de até 2480 kg/ha.

Ao contrário da cultura do trigo, para a cultura do milho safrinha o município de Campo Mourão vem apresentando significativo índice de crescimento da área plantada desde 1991, obtendo um relativo crescimento nos últimos 6 anos, elevando sua área em 66%. Já a produção por tonelada e o rendimento médio, oscilam conforme as condições do tempo meteorológico.

De acordo com a Tabela 4, os anos de 1994 e 2000, foram os de maior impacto negativo quando a cultura obteve o pior rendimento médio, 1400 e 670 Kg/ha, respectivamente, desde a implantação da cultura no Município. O fato pode ser atribuído à estiagem prolongada dos meses de outono acompanhada de fortes quedas nas temperaturas, especialmente do mês de julho, com registros de até -5.6ºC (Tabela 3). Contudo, em outros anos a cultura também sofreu com as estiagens. De acordo com o Jornal a TRIBUNA DO INTERIOR, de 21 de abril de 2002:

> A estiagem que já dura 2 meses está causando sérios problemas à cultura do milho safrinha na região de Campo Mourão. As lavouras mais afetadas são aquelas em que as plantas estão nas fases de maior sensibilidade à falta de umidade: a frutificação e a maturação. Atualmente cerca de 305 da área total cultivada esse ano na região que foi de 180 mil hectares esta nessa fase. Em alguns casos as perdas são irreversíveis.

TABELA 4 – CULTURAS DE TRIGO E MILHO SAFRINHA - ÀREA PLANTADA E PRODUÇÃO POR TON E RENDIMENTO KG POR HA – CAMPO MOURÃO 1986 A 2003

CULTURAS	TRIGO			MILHO SAFRINHA		
ANO	Área (ha) plantada	Produção (ton)	Rend (Kg/ha)	Área (ha) plantada	Produção (ton)	Rend (Kg/ha)
1986	68.500	78.158	1.141	-	-	-
1987	62.000	96.720	1.560	-	-	-
1988	72.000	114.480	1.590	-	-	-
1989	50.000	37.200	930	-	-	-
1990	50.000	18.322	783	-	-	-*
1991	30.000	59.400	1980	700	1218	1740
1992	30.000	40.890	1363	1000	1240	1240
1993	20.000	19.950	1.050	3.500	7805	2230
1994	15.000	26.400	1.760	6.000	2100	1400
1995	12.000	19.200	1.600	3.500	6.300	1800
1996	16.000	37.760	2.480	4.000	10.000	2500
1997	14.000	26.600	1.900	6.000	10.800	1850
1998	14.500	26.970	1860	5.000	14.500	2900
1999	10.000	22.000	2.200	6.500	19.500	3000
2000	10.000	3.740	2.200	7.400	4.457	670
2001	11.000	25.850	2.350	6.500	22.100	3400
2002	12.650	17.077	1.350	7.800	17.160	2.200
2003	15.000	30.000	2.000	10.000	45.000	4500

Fonte: SEAB/DERAL, elaboração Andrade & Massoquim, 2004.

*no período de 1986 a 1990 não houve registros da produção do milho safrinha no município de Campo Mourão não há registro.

Por outro lado, há também pontos positivos para o desenvolvimento dessa cultura, os melhores anos registrados foram os de 1999, 2002 e 2003, com um rendimento médio de 3000, 3400 e 4.500 Kg/há, respectivamente. Atribui-se a maior produtividade do milho safrinha, especialmente do ano de 2003, às condições favoráveis do clima, com índices de precipitação normais nos meses de outono sem registro de temperaturas negativas.

Observou-se que nos últimos anos as estiagens de outono têm se tornado uma constante, além de quedas de temperatura, com geadas, quando a cultura encontra-se em estágio crítico. Fazendo-se uma analogia das tabelas 1, 3 e 4 (precipitação, estiagem e variação térmica) verifica-se que, dentre os elementos, o de maior impacto para a produtividade de grãos tem sido as estiagens prolongadas de outono, ou inverno.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da análise dos dados, para o Município de Campo Mourão, constatou-se que o período caracterizado como de estiagem prolongada nesses 18 anos, ocorreu em maior proporção nos meses de julho e agosto. Outro fato observado com relação ao período de estiagem foi que, nos anos em que não ocorreu estiagem de inverno, houve diminuição das chuvas no outono, entre os meses de março a maio. Essas anomalias, que vem se tornando uma constante, têm prejudicado as culturas denominadas e as adaptadas ao período de inverno

Observou-se que enquanto ampliou-se a área plantada com a cultura do milho safrinha, houve uma considerável diminuição na área ocupada com a cultura do trigo, entende-se que esse espaço antes ocupado pela cultuara do trigo, hoje se encontra ocioso, ou com culturas como o milho, mandioca, dentre outras.

No ano de 88, 96, 97, 2000, 2002, 2003 e 2004 foi bastante relevante a estiagem que ocorreu no outono, mesmo as culturas tradicionais como o milho de verão e a soja foram prejudicadas. Estas estiagens, apesar de esporádicas, têm interferido nas culturas denominadas das águas e, na região de Campo Mourão, em especial, a do milho safrinha. Embora hoje as culturas agrícolas estejam mais resistente, em virtude da maior variedades de sementes, melhorias genética e melhor planejamento das atividades, as estiagens prolongadas ainda são uma constante para o desenvolvimento das plantas, interferindo diretamente na produtividade.

No setor primário, tanto com as adversidades climáticas, quanto com as interferências de fatores político-econômicos, quem sofre com as conseqüências e assume os riscos são os que estão mais diretamente ligados a ele, nesse caso os agricultores, ao contrário das empresas agroindustriais as quais são afetadas apenas em sua capacidade de armazenamento e processamento em época de escassez do produto, porém, não sofrem os percalços diretos do clima, não tendo que assumir os custos da produção com a perda do produto.

Indícios indicam que a agricultura tem carência de melhor planejamento de suas atividades, pois, além da abordagem elaborada, tem-se inúmeros outros tipos de impactos acarretados pelo desmatamento tais como: erosão dos solos, formação de voçorocas, assoreamento dos rios, carregamento de partículas de agrotóxicos que podem ser amenizadas mediante um bom planejamento das atividades.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNTZ Wolf e FAHRBACH, Eberhard**. El Niño:** Experimento climático de la natureza - Causas físicas y efetos biológicos. México: Fundo de Cultura Econômica, 1996.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia dos Trópicos.** São Paulo: Difel, l986.
BIGARELA, J. João. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais.** Florianópolis: Ed. UFSC, 1994.

DEFFUNE, G. et. el. **Apontamentos de Meteorologia e Climatologia** (UEM), 1996.

KÖPPEN, W., **Climatologia. Con un estudio de los climas de la tierra**. México: FCE, 1948.

MOLINA, José. J. C. **"El Niño" Y el sistema climático terrestre**. Barcelona: Ariel. S. A. 1999.

MASSOQUIM Nair e MOTA Natalia. **"A Influencia de Fenômenos Meteorológicos na Produção Tritícula no Município de Campo Mourão"**. (Forum das Faculdades Estaduais do Paraná),FAFIPA, Paranavaí, 1999.

MAACK, R**. Geografia Física do Estado do Paraná.** Curitiba: Papelaria Masc. Roesner, 1968.

MOTA, F.S., **Meteorologia Agrícola.** 4ª ed. São Paulo: Biblioteca Rural, Nobel, 1979.

STRAHLER, A.N. **Geografia Física.** Barcelona : Omega, 1974.

TRIBUNA DO INTERIOR. **Jornal**, suplemento 5, de 21 de abril de 2002.

WONS, I. **Geografia do Paraná**. Curitiba: Ensino Renovado, 1994 .

INTERAÇÃO ENTRE FATORES ENVOLVIDOS NA FORMAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE TEMPESTADES SEVERAS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

EDMILSON DIAS DE FREITAS[1]
PEDRO LEITE DA SILVA DIAS[1]

[1]Departamento de Ciências Atmosféricas
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - USP
Rua do Matão, 1226 – Cidade Universitária – São Paulo/ SP – CEP 05508-090
efreitas@model.iag.usp.br, pldsdias@master.iag.usp.br

FREITAS, E. D.; DIAS, P. L. S. Interação entre fatores envolvidos na formação e desenvolvimento de tempestades severas na região metropolitana de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 665-679. (CD-ROM)

RESUMO
Neste trabalho são estudados alguns efeitos causados pela interação entre a ilha de calor urbana (IC) e a temperatura da superfície do mar (TSM) sobre um evento de tempestade severa ocorrido no dia 01 de fevereiro de 2003 na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). O trabalho foi desenvolvido através da modelagem numérica da atmosfera utilizando o Brazilian Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS) em alta resolução espacial e com uma parametrização fisicamente adequada ao tratamento de áreas urbanas. Para as análises foi utilizado o método de separação de fatores, o qual permite a identificação da contribuição individual de cada fator e da interação entre eles sobre um determinado campo meteorológico. Os resultados mostram que a IC contribui positivamente para o total de precipitação ocorrido durante o evento e que essa contribuição é dependente da TSM, havendo respostas distintas quando do aumento ou da diminuição da mesma. Com um aumento de 2 ºC na TSM observada (semanal) para o período, a IC contribui para um aumento de 28 % no total de precipitação acumulado no domínio da grade utilizada. O mesmo aumento numa situação em que a TSM está 2 ºC mais baixa resulta num aumento de somente 14 %. Em algumas áreas do domínio estudado a contribuição da IC pode ocasionar um aumento da ordem de 100 % na precipitação acumulada. Com base neste estudo, fica evidente a necessidade da correta representação desses fatores na realização de previsões de eventos severos na região.
Palavras-chave: ilha de calor urbana, tempestades severas, brisa marítima, TSM, BRAMS.

ABSTRACT
In this work, some effects caused by the interaction between the Urban Heat Island (UHI) and the sea surface temperature (SST) on a severe thunderstorm episode occurred in February 01, 2003 in the Metropolitan Area of São Paulo (MASP) are studied. The work was developed through numerical modeling of the atmosphere using the Brazilian Regional Atmospheric Modeling System (BRAMS) with high spatial resolution and with a physically appropriate parameterization for urban areas. The analyses were made by using of factor separation method, which allows the identification of individual contribution of each factor an their interaction on an specific meteorological field. The results show that UHI positively contributes to the total precipitation occurred during the event and that this contribution is dependent on SST, with distinct responses to its increasing or decreasing. With an increase of 2 ºC in the observed SST the UHI can cause an increase of 28 % in the total accumulated precipitation in the grid domain. The same temperature increase in a situation that the SST is 2 ºC colder results in an increase of 14 % only. In some areas of the studied domain the UHI contribution can cause an increase of the order of 100 %. Based on this study, it is clear the necessity of a correct representation of these two factors during the forecast of severe episodes in the region.
Key-words: urban heat island, severe thunderstorms, sea-breeze, SST, BRAMS.

1. INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é uma das regiões mais urbanizadas do mundo, sendo constituída por 39 municípios que ocupam uma área de aproximadamente 8000 km^2 dos quais 1500 km^2 são constituídos de áreas altamente urbanizadas. Está

localizada numa região climática de transição, entre os Climas Tropicais Úmidos de Altitude, com período seco bem definido, e aqueles subtropicais, permanentemente úmidos, do Brasil meridional (TARIFA & ARMANI, 2001). É também uma das regiões mais populosas do mundo, atingindo, segundo o último senso realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2000, a marca de 17.878.703 de habitantes. Nesta região são comuns, principalmente durante o verão, as ocorrências de tempestades severas, com precipitação intensa, rajadas de vento e granizo, causando um grande número de enchentes, deslizamentos de encostas e outros problemas para a população e a economia da região.

Os eventos de tempestade severa na RMSP podem ser conseqüência de vários fenômenos meteorológicos que ocorrem em escala local ou sinótica. Exemplos desses fenômenos são as circulações geradas pela ilha de calor urbana (LOMBARDO, 1984; FREITAS, 2003), as circulações associadas à penetração da brisa marítima (OLIVEIRA & SILVA DIAS, 1982; SILVA, 1986; FREITAS, 2003), os sistemas frontais (PEREIRA FILHO et al., 2002) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (SILVEIRA & SILVA DIAS, 1990). Estes fenômenos podem agir isoladamente ou em conjunto. Segundo PEREIRA FILHO et al. (2002), 60% dos casos de enchente ocorridos na RMSP entre março de 1999 e março de 2002 estavam associados à penetração de brisa marítima no período da tarde e com temperatura do ar superior a 30 ºC. Em resposta a um maior aquecimento devido ao grande número de fontes antropogênicas de calor, às propriedades térmicas dos materiais das construções e a pouca ventilação existente nos centros urbanos, fatores estes responsáveis pela formação da ilha de calor urbana, ocorre uma instabilização da atmosfera que favorece o surgimento de fortes correntes ascendentes em algumas áreas desses centros. A umidade trazida pela brisa marítima é então transportada para níveis mais altos da atmosfera e, sob condições ideais, há a formação de células convectivas (ou supercélulas).

Com base nesses fatos, este trabalho busca identificar, através da modelagem numérica da atmosfera e do método de separação de fatores, os efeitos causados pela ilha de calor urbana (IC) e pelas variações na temperatura da superfície do mar (TSM), bem como a interação entre elas, sobre um evento de tempestade severa ocorrido no dia 01 de fevereiro de 2003 sobre a RMSP.

2. METODOLOGIA

Para verificar os efeitos causados pela interação entre a ilha de calor urbana e as alterações na temperatura da superfície do mar, fator determinante para o padrão de circulação de brisa marítima, sobre a formação e desenvolvimento de tempestades na RMSP, foi utilizada a modelagem numérica da atmosfera com o *Brazilian Regional Atmospheric Modeling System* (BRAMS). Este modelo consiste de uma série de parametrizações incluídas na versão original do modelo RAMS (COTTON et al, 2003) que buscam uma melhor representação dos processos atmosféricos em regiões tropicais. Exemplos dessas parametrizações são a parametrização de convecção rasa e uma parametrização fisicamente adequada ao tratamento de áreas urbanas (MASSON, 2000). FREITAS (2003) verificou que este modelo é capaz de representar satisfatoriamente as interações entre a ilha de calor urbana da RMSP e outros tipos de circulações locais, tais como a brisa marítima/terrestre.

Foram realizados dois conjuntos de experimentos, sendo em cada um deles realizadas 4 simulações (ensaios) que tiveram como diferencial a ocupação do solo (substituição da área urbana da RMSP pelo tipo de vegetação equivalente à mata fechada no BRAMS) e a modificação na temperatura da superfície do mar (+ ou – 2 ºC). As análises foram realizadas através do método de separação de fatores (STEIN & ALPERT, 1993) também conhecido por planejamento fatorial (BARROS NETO et al. 1995). Este método permite obter a contribuição individual de cada um dos parâmetros envolvidos na previsão de um campo meteorológico. Na presente análise, dois parâmetros são variados e, portanto, para a identificação da contribuição de cada um deles são necessários 4 ensaios para cada experimento (o número de ensaios é igual a 2^n, sendo *n* o número de fatores envolvidos). A Tabela 1 mostra os ensaios realizados em cada um dos experimentos .

Tabela 1: Valores utilizados durante os experimentos 1 e 2.

Experimento 1			
Ensaio	**Ocupação do solo**	**TSM**	**Precipitação**
1	Modificada (sem cidade) (-)	Semanal (-)	P_1
2	Original (+)	Semanal (-)	P_2
3	Modificada (sem cidade) (-)	Aumento de 2 ºC (+)	P_3
4	Original (+)	Aumento de 2 ºC (+)	P_4
Experimento 2			
Ensaio	**Ocupação do solo**	**TSM**	**Precipitação**
1	Modificada (sem cidade) (-)	Diminuição de 2 ºC (-)	P_1
2	Original (+)	Diminuição de 2 ºC (-)	P_2
3	Modificada (sem cidade) (-)	Semanal (+)	P_3
4	Original (+)	Semanal (+)	P_4

Segundo BARROS NETO et al. (1995), o efeito principal da ilha de calor urbana sobre o campo de precipitação previsto é, por definição, a média dos efeitos da ilha de calor nos dois níveis de temperatura de superfície do mar, dado por:

$$IC = \frac{1}{2}\left[(P_2 - P_1) + (P_4 - P_3)\right], \qquad (1)$$

sendo IC o efeito da ilha de calor, P_1, P_2, P_3 e P_4 referem-se à precipitação acumulada obtida nos ensaios 1, 2, 3, e 4 respectivamente. Similarmente, o efeito principal da temperatura da superfície do mar sobre o campo de precipitação é dado pela média dos efeitos da temperatura da superfície do mar nos dois níveis de ilha de calor (ocupação do solo), dado por:

$$SST = \frac{1}{2}\left[(P_3 + P_4) - (P_1 + P_2)\right], \qquad (2)$$

em que SST é o efeito da temperatura da superfície do mar e as outras variáveis tem o mesmo significado descrito anteriormente.

A interação entre os dois parâmetros é dada por:

$$IC_SST = \frac{1}{2}\left[(P_1 + P_4) - (P_2 + P_3)\right]. \qquad (3)$$

Além dos dados anteriormente citados, foram utilizadas imagens no canal infravermelho do satélite GOES-8, obtidas junto ao laboratório MASTER do IAG-USP (www.master.iag.usp.br). Essas imagens foram utilizadas para uma avaliação qualitativa da habilidade do modelo na representação espacial dessa tempestade.

Durante as simulações realizadas, foram utilizadas duas grades aninhadas com um espaçamento de grade horizontal de 16 e 4 km para as grades 1 e 2, respectivamente. Na vertical, foram utilizados 32 níveis em coordenadas sigma-z, com um espaçamento inicial de 70 m próximo à superfície e uma amplificação por um fator de 1,2 até a altura de 1000 m (grade telescópica) para permitir um melhor detalhamento da Camada Limite. Acima de 1000 m, o espaçamento permaneceu constante e igual a 1000 m. Para a representação da ocupação do solo foi utilizada uma associação entre a classificação original do programa IGBP, com 17 classes, e a classificação utilizada em FREITAS (2003). O arquivo resultante permite um melhor detalhamento das áreas urbanas da RMSP. A Figura 1 apresenta tal classificação. Nota-se no centro desta figura os dois tipos de áreas urbanas utilizados neste estudo. Para o tipo urbano 1, composto principalmente de edifícios altos localizados no centro da cidade de São Paulo, é utilizada uma altura média para as construções de 30 m. Para o tipo urbano 2, composto de construções mais baixas, tais

como casas e armazéns, é utilizada uma altura média de 5 m. As frações ocupadas por essas áreas dentro de uma célula de grade são de 0,5 e 0,7 para os tipos urbanos 1 e 2, respectivamente.

Em todas as simulações (ensaios) foi utilizado o processo de inicialização heterogênea, sendo utilizadas as análises do modelo global do CPTEC-INPE (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), com resolução de 1,875º na horizontal, num intervalo de 6 horas, com a inclusão de medidas de temperatura e umidade obtidas de estações de superfície. As simulações foram feitas para um período de 24 horas, sendo iniciadas às 00 UTC do dia 01 de fevereiro de 2003.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O evento de tempestade severa que ocorreu no dia 01 de fevereiro de 2003 deu-se logo após uma longa permanência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Este episódio de ZCAS teve início no dia 25 janeiro e atuou até o dia 01 de fevereiro. Após esta data, a formação dos vórtices ciclônicos em altos níveis sobre o Brasil Central foi desfavorável à configuração deste sistema. Este episódio apresentou o deslocamento da banda de nebulosidade para o oceano na altura dos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro (CLIMANÁLISE, 2003)

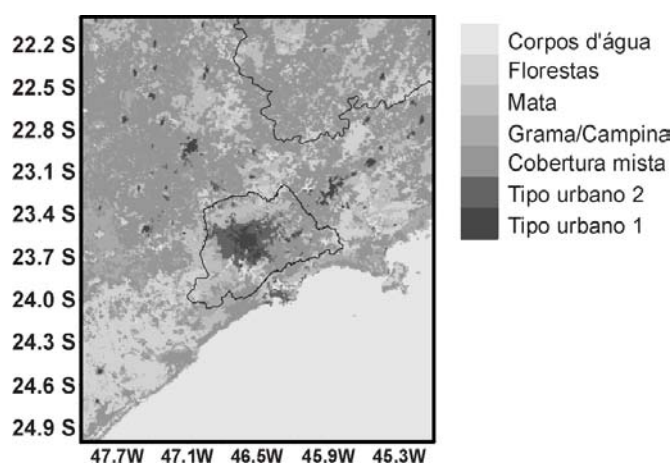



Figura 1: Tipos de cobertura do solo utilizados no modelo BRAMS. No centro da figura verifica-se a RMSP (contorno) e suas áreas urbanizadas (regiões mais escuras dentro do contorno).

Os maiores totais de precipitação, superiores a 150 mm, ocorreram em São Paulo. Nas demais áreas da Região, a atuação de vórtices ciclônicos em altos níveis, associada ao aumento da pressão à superfície, impediu o avanço das frentes frias, o que foi desfavorável à ocorrência de chuvas (CLIMANÁLISE, 2003).

Durante o período, a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) teve um papel fundamental na direção de deslocamento dessa zona de convergência. Inicialmente, a ZCAS se estendia desde a região amazônica até o Atlântico Sul, passando pelos estados de Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Com a intensificação da ASAS sobre o oceano (centro de alta pressão de aproximadamente 1020 hPa), houve um deslocamento da ZCAS para SW anteriormente à sua dissipação. Esta configuração impôs um regime de ventos de quadrante NE-E sobre o estado de São Paulo, favorecendo assim a penetração da brisa marítima (OLIVEIRA & SILVA DIAS, 1982; FREITAS & SILVA DIAS, 2004). Com a chegada da brisa marítima, deu-se a formação da tempestade por volta das 18 UTC na porção leste da RMSP, mantendo-se sobre a região por várias horas, como pode ser verificado nas imagens apresentadas a seguir. Segundo notícia divulgada pelo jornal "O Estado de São Paulo" no dia 02 de fevereiro de 2003, a capital paulista inteira entrou em estado de atenção após as 18h. Alguns bairros nobres ficaram sem luz, mais de 20 árvores caíram e houve 13 pontos de alagamento, sendo 11 intransitáveis. Das 18h às 19h30, entre os pontos bloqueados por causa da chuva estavam a Radial Leste e algumas regiões da marginal Tietê, vias de intenso tráfego de veículos.

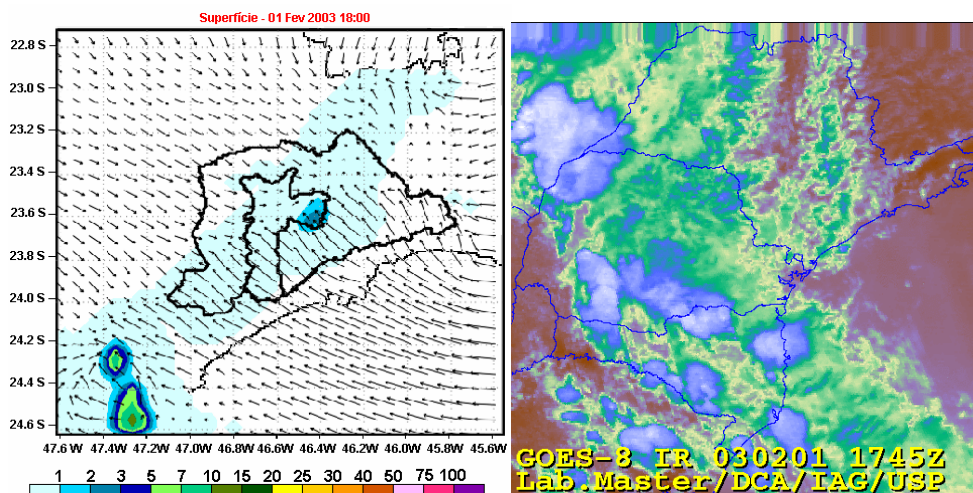
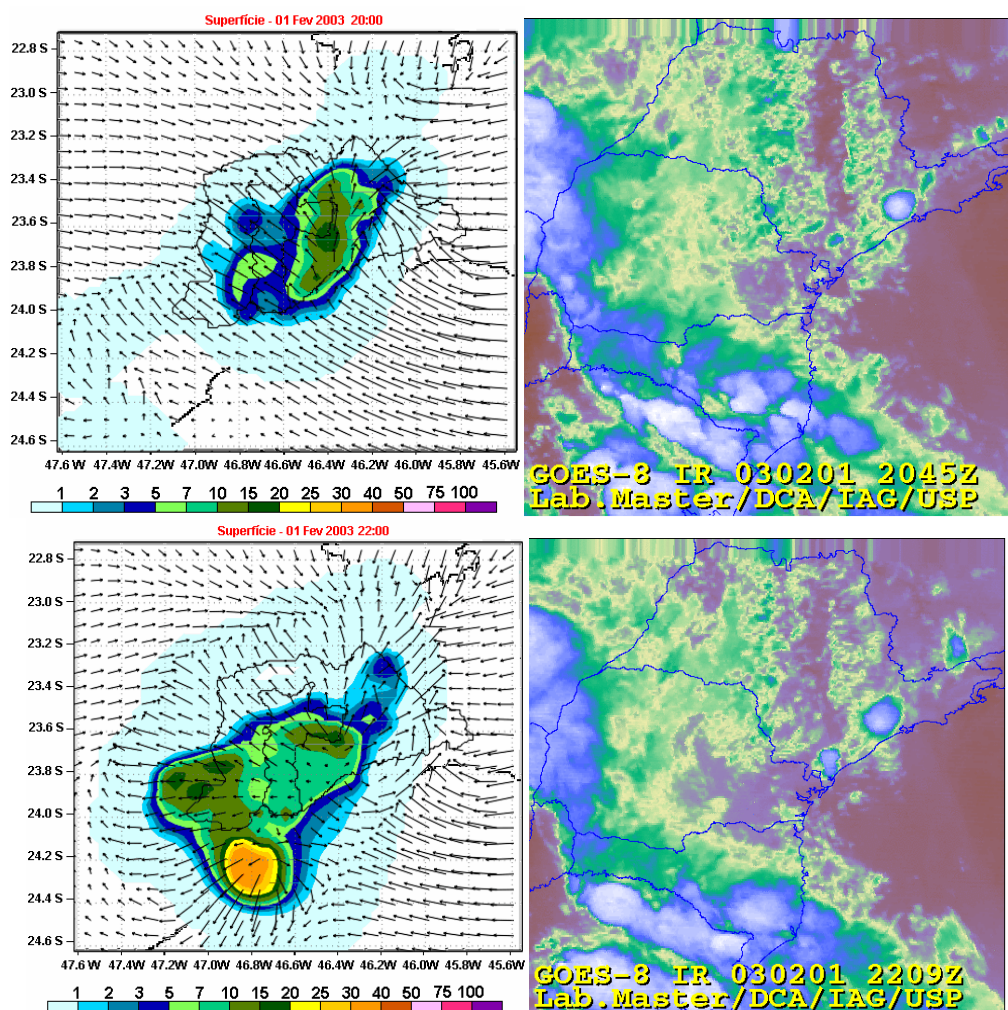



Figura 2: Evolução temporal da taxa de precipitação (mm/h) obtida pela simulação com o BRAMS (esquerda) e imagens de satélite no canal infravermelho para o horário mais próximo. Também nessas figuras são apresentados os campos do vento em superfície. Os vetores são plotados a cada 2 pontos de grade. Os resultados foram obtidos da segunda grade do modelo, com resolução espacial de 4 km.

A Figura 2 mostra uma comparação entre a taxa de precipitação simulada (mm/h) e as imagens no canal infravermelho do satélite GOES-8 no dia 01 de fevereiro de 2003. As figuras com os resultados da simulação são apresentadas em intervalos de duas horas (esquerda) e são comparadas com as imagens que mais se aproximam desses horários (direita). Nota-se facilmente nessa figura a chegada da frente de brisa marítima por volta das 18 UTC (região delimitada pelos ventos em sentidos opostos próximos à superfície).

Da Figura 2 podemos notar que, pelo menos espacialmente, a simulação representou muito bem este evento de tempestade severa do dia 01 de fevereiro de 2003. Embora não se tenha uma certeza quanto às taxas de precipitação simuladas, uma comparação com estimativas obtidas por radar meteorológico (não mostrada) sugere que os valores obtidos nas simulações são coerentes. O maior objetivo deste trabalho, como dito anteriormente, é verificar, com base no resultado obtido nesta simulação, os efeitos da mudança no uso do

solo e na TSM, o que não exige uma representação exata do campo de precipitação observado. Estudos quantitativos sobre esse evento ainda estão em andamento.

Como dito anteriormente, verificou-se a influência de dois fatores sobre o total de precipitação acumulado após 24 horas de simulação: o efeito causado pela ilha de calor urbana da RMSP e o efeito causado por alterações na temperatura da superfície do mar, sendo este um dos fatores importantes para o desenvolvimento da brisa marítima, que por sua vez está geralmente associado aos eventos de tempestade nesta região. Entretanto, vale ressaltar que estes não são os únicos fatores importantes para o entendimento dos processos relacionados à formação das tempestades.

Utilizando-se das equações 1-3, obtêm-se os efeitos principais de cada um dos fatores e da interação entre os mesmos. A Figura 3 (a – c) apresenta os campos obtidos após a aplicação dessas equações para o experimento 1, em que a temperatura da superfície do mar foi aumentada em 2 ºC. Na Figura 3a verificamos que o efeito da ilha de calor é observado não somente na região urbana da RMSP, onde é observada uma contribuição positiva para o total de precipitação acumulado, mas também em regiões remotas onde são observadas alternâncias entre contribuições positivas e negativas. Efeito semelhante é observado com relação à temperatura da superfície do mar, conforme pode ser observado na Figura 3b. Nota-se que esses dois fatores desempenham papel importante no campo de precipitação acumulado e que as amplitudes das contribuições devidas à ilha de calor urbana são maiores do que as de temperatura da superfície do mar. A Figura 3c mostra que a interação entre os dois fatores é da mesma ordem que a contribuição individual de cada um dos fatores. Este fato ressalta a importância da análise conjunta das influências exercidas por esses fatores, pois os mesmos interagem entre si e uma análise isolada pode levar a interpretações incorretas. Dessas figuras nota-se o caráter altamente não linear envolvido nesse processo, o que dificulta sobremaneira o isolamento de cada fator envolvido. Processos não lineares, tais como a propagação de ondas de gravidade e os termos advectivos, certamente desempenham papel importante na formação e desenvolvimento dessas tempestades.

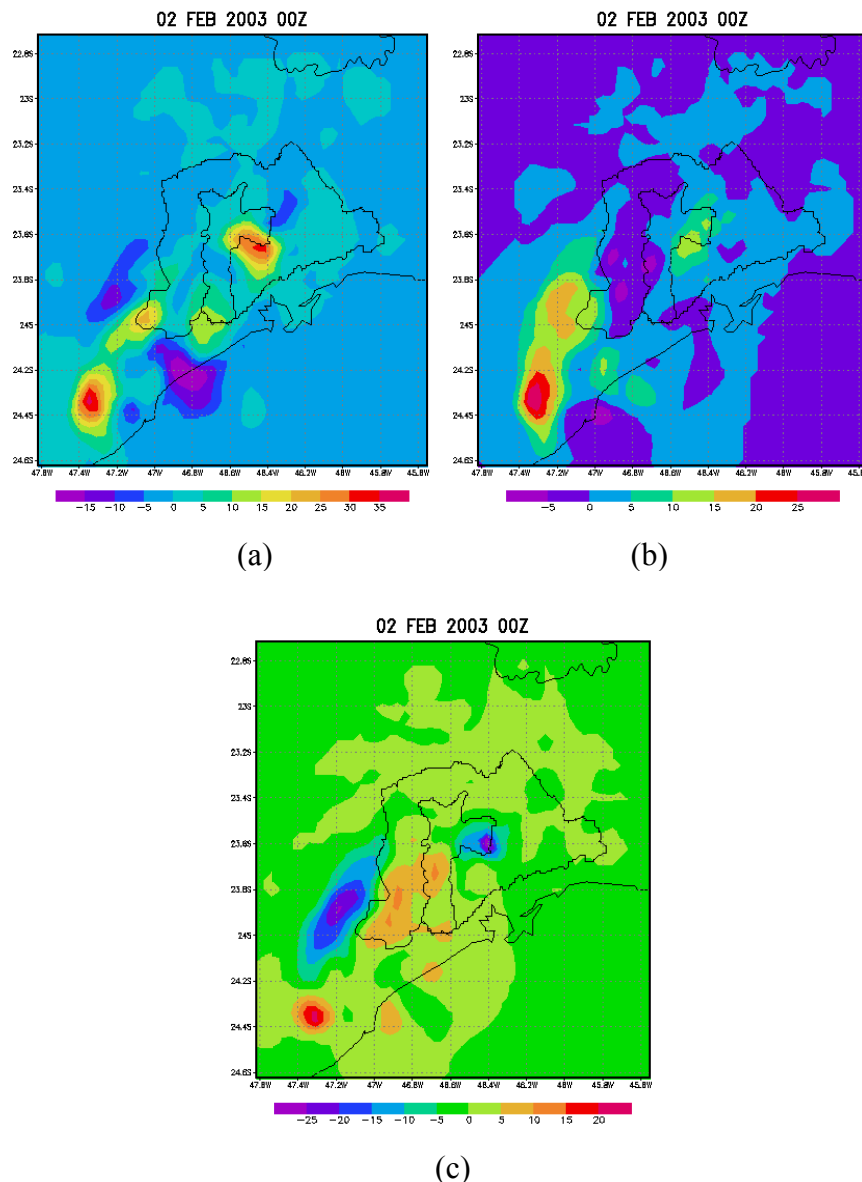



Figura 3: Termos das equações 1-3, aplicados ao experimento 1, ilustrando os efeitos principais da ilha de calor (a), da temperatura da superfície do mar (b) e da interação entre esses efeitos (c) sobre o total de precipitação acumulado (mm) após 24 horas de integração.

O mesmo conjunto de equações foi aplicado ao experimento 2, em que a temperatura da superfície do mar no ensaio 1 foi diminuída em 2 ºC. Vale observar que o ensaio 1 é o ponto de partida para as análises aqui realizadas. A Figura 4 (a – c) apresenta os resultados obtidos. Através da Figura 4a verifica-se um padrão bastante semelhante àquele obtido no experimento 1. Porém existe uma pequena diferença nas amplitudes e na localização dos centros de influência. Isto mostra, mais uma vez, que a influência da ilha de calor depende da temperatura da superfície do mar envolvida e também da condição inicial da mesma, pois, variações num mesmo sentido (aumento da TSM nos dois experimentos com relação ao ensaio 1) causam respostas diferentes no efeito da ilha de calor.

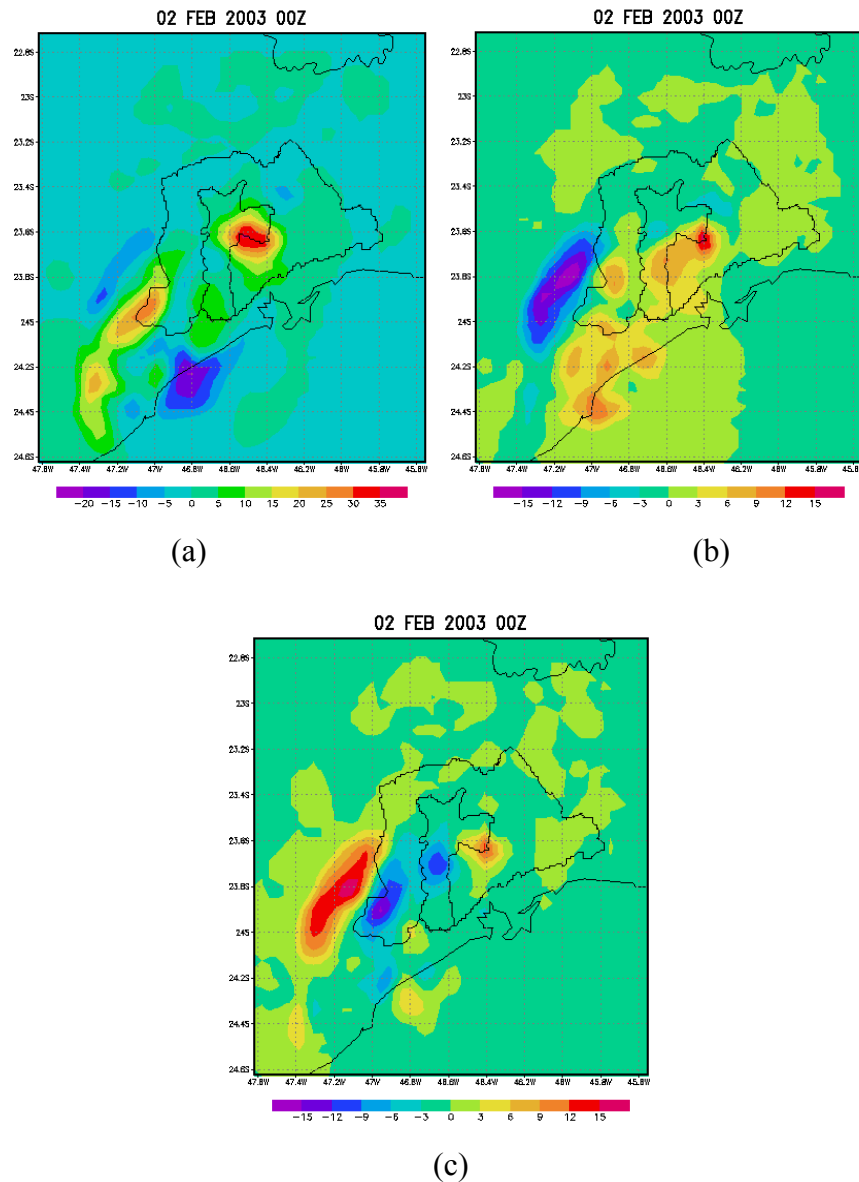



Figura 4: Mesmo que na Figura 3, mas para o experimento 2.

A maior diferença com relação ao experimento 1 é observada no campo da contribuição da temperatura da superfície do mar (Figura 4b). Embora as variações tenham sido aplicadas num mesmo sentido, isto é, um aumento relativo em 2º C na TSM, verifica-se que o aumento na TSM responde de maneira diferente dependendo da TSM inicial que, neste caso, foi 2 ºC mais baixa. Quando se aplica o aumento da TSM partindo de temperaturas da superfície do mar mais baixas, observa-se influência positiva em grande parte da RMSP, ficando os núcleos de influência negativa corrente a baixo dessa região. Observa-se também que esses núcleos negativos são mais intensos que aqueles observados no experimento 1.

O fato de que a influência da ilha de calor urbana e da TSM seja observada não somente na área urbana mas em regiões distantes da mesma é uma conseqüência do deslocamento da tempestade corrente abaixo. No estágio maduro da tempestade, são geradas frentes de rajada próximas à superfície (observar o campo de vento em superfície na seqüência apresentada na Figura 2). Novos centros de convecção (com convergência em superfície) são originados pela interação das frentes de rajada geradas pelos sistemas maduros (mais velhos) e o escoamento da brisa marítima que ainda permanece na região (ventos de sudeste), conduzindo a umidade necessária para a manutenção do sistema. Nessas regiões, são observadas as contribuições positivas. Nas outras regiões são geradas correntes subsidentes de compensação que resultam em divergência em superfície. Neste caso, observa-se a contribuição negativa dos fatores aqui analisados.

É interessante analisar o efeito desses fatores em toda a área de abrangência da simulação. A Tabela 2 apresenta, para os dois experimentos realizados, os totais de precipitação acumulados durante as 24 horas de integração para a segunda grade do modelo (com resolução de 4 km). Nesta tabela também são apresentadas as taxas percentuais de aumento na precipitação acumulada com relação ao ensaio 1, que corresponde ao experimento de controle em cada um dos experimentos.

Tabela 2: Totais de precipitação acumulada durante os experimentos 1 e 2.

		Experimento 1		
Ensaio	**Ocupação do solo**	**TSM**	**Prec. (mm)**	**Aumento (%)**
1	sem cidade	Semanal	14991,11	-
2	com cidade	Semanal	16705,31	11,43
3	sem cidade	Aumento de 2 ºC	18548,23	23,73
4	com cidade	Aumento de 2 ºC	19218,72	28,20
		Experimento 2		
Ensaio	**Ocupação do solo**	**TSM**	**Prec. (mm)**	**Aumento (%)**
1	sem cidade	Diminuição de 2 ºC	14636,45	-
2	com cidade	Diminuição de 2 ºC	16625,67	13,59
3	sem cidade	Semanal	14991,11	2,42
4	com cidade	Semanal	16705,31	14,13

Observamos na Tabela 2 que a precipitação simulada no ensaio 1 dos dois experimentos apresenta uma pequena diferença (cerca de 2,4 %), indicando que com a TSM 2 ºC mais baixa o total de precipitação é um pouco menor. Em geral, o aumento da TSM contribui para um aumento no total de precipitação, seja qual for a condição inicial. De maneira semelhante, o efeito da ilha de calor contribuí para o aumento no total de precipitação. Entretanto, dada a grande não-linearidade dos processos envolvidos, verifica-

se que o aumento no total de precipitação devido a este fator é mais significativo no caso do experimento 1, em que a TSM foi 2 ºC mais alta que a TSM observada (semanal). Neste caso, a IC contribuiu para um aumento de 28,2 % no total de precipitação acumulado na segunda grade do modelo. Para o experimento 2, em que a TSM também foi aumentada em 2 ºC, porém, partindo de uma condição na qual a TSM estava 2 ºC mais baixa que o valor observado, a contribuição da IC é bem menor, ocasionando um aumento de apenas 14,13 %. Comparando-se o ensaio 2 de cada um dos experimentos, verifica-se que a contribuição exclusiva da IC é um pouco maior quando a TSM é mais baixa (cerca de 2 %). Efeito oposto é observado para a contribuição da TSM. Comparando-se o ensaio 3 de cada um dos experimentos, verifica-se que a contribuição exclusiva da TSM, quando esta é mais alta, causa um aumento de cerca de 23,73 % no total de precipitação acumulado. O aumento na TSM a partir de temperaturas mais baixas ocasiona um aumento de apenas 2,42 %.

Embora os efeitos causados pelos fatores IC e TSM possam ser observados em praticamente todo o domínio da grade analisada, algumas regiões do domínio são bem mais atingidas. Como visto na análise anterior, algumas regiões sofrem diminuição no total de precipitação enquanto outras sofrem aumento considerável. A Figura 5, relativa ao experimento 1, mostra uma dessas regiões em que houve aumento significativo na precipitação acumulada durante o evento, localizada na zona leste da cidade de São Paulo. A Figura 5a traz a precipitação acumulada para o ensaio 1, em que foi utilizada a TSM semanal e as áreas urbanas foram substituídas por vegetação. Neste caso, observa-se que a precipitação seria relativamente bem distribuída, com máximos entre 40 e 50 mm. Quando as áreas urbanas são incluídas (Figura 5b), observa-se um máximo superior a 90 mm em 46,4 W e 23,6 S, havendo, portanto, um aumento de cerca de 100 % na precipitação acumulada. A análise da Figura 5c também mostra que o efeito do aumento da TSM em 2 ºC contribui para um aumento significativo na precipitação nessa região, entretanto, quando os dois fatores são analisados em conjunto, verifica-se que o aumento na TSM faz com que o efeito da IC seja menor. Isto pode ser verificado na Figura 5d em que é apresentado o campo da diferença entre os ensaios 4 e 2, ou seja, da simulação em que foi aplicado o aumento da TSM com a presença das áreas urbanas e da simulação em que foi utilizada a TSM semanal. Nesta figura podem ser observados valores negativos na área em que ocorreram os maiores totais de precipitação, confirmando a afirmação feita anteriormente.

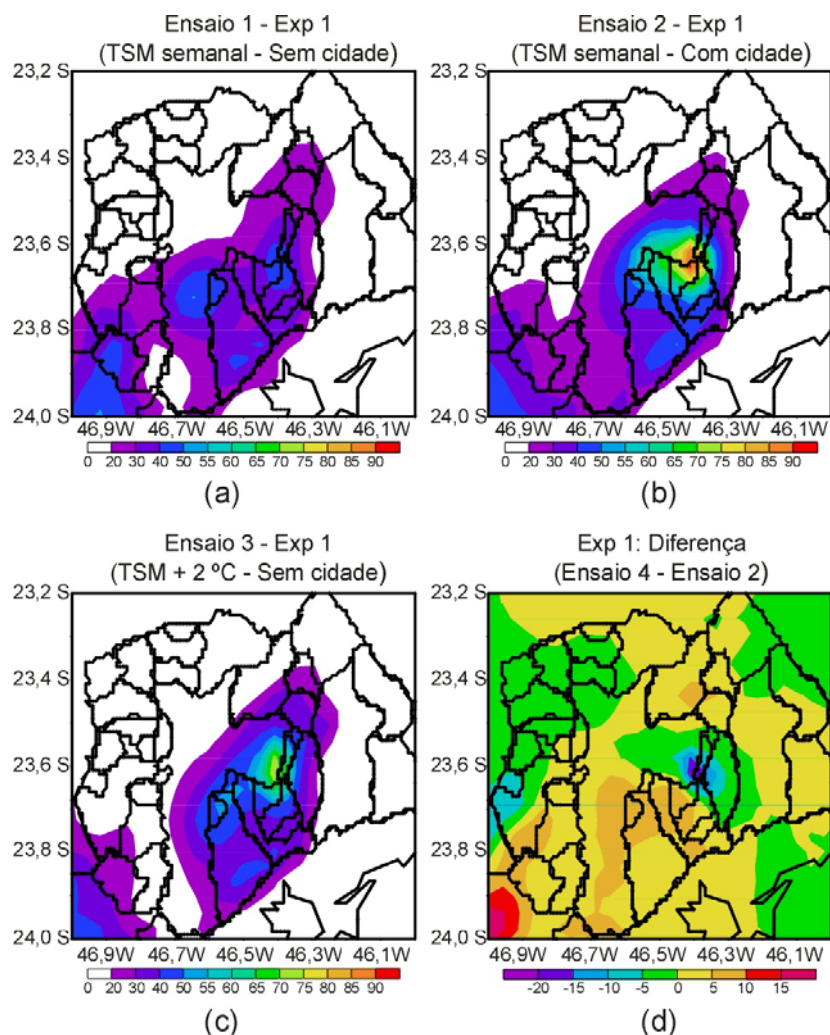



Figura 5: Efeitos da ocupação urbana e da TSM sobre o total de precipitação acumulado em 24 horas de simulação do evento ocorrido no dia 01 de fevereiro de 2003. Em (a), TSM semanal com vegetação substituindo as áreas urbanas. Em (b), TSM semanal com áreas urbanas. Em (c), TSM semanal com acréscimo de 2 ºC e áreas urbanas. Em (d), diferença entre o ensaio 4 (TSM + 2º C com áreas urbanas) e o ensaio 2 (TSM semanal com áreas urbanas). As barras de cores indicam o total de precipitação ou a diferença em mm.

4. CONCLUSÕES

Através da modelagem numérica da atmosfera, foram analisados alguns efeitos causados pela interação entre a ilha de calor urbana da RMSP e variações na temperatura da superfície do mar sobre o total de precipitação decorrente do evento de tempestade severa ocorrido no dia 01 de fevereiro de 2003. Os resultados mostram que o modelo utilizado representou satisfatoriamente a configuração espacial do sistema estudado. Apesar de existirem regiões que são afetadas negativamente pela presença da região urbana, a análise global do total de precipitação na área de domínio do modelo mostra que a ilha de calor urbana da RMSP contribui para um aumento no total de precipitação simulado. O mesmo tipo de análise leva a conclusões semelhantes quanto ao efeito da

TSM. Um aspecto importante com relação a TSM deve ser ressaltado. No experimento em que a TSM foi aumentada em 2 ºC, situação desfavorável à propagação da brisa marítima, uma vez que o contraste de temperatura entre terra e oceano é reduzido, houve contribuição positiva no total de precipitação observado na porção leste da RMSP (Figura 3b). Isto se deve ao fato de que, embora a propagação da brisa marítima seja mais lenta e apresente ventos com menor intensidade (FREITAS, 2003), a quantidade de umidade transportada do oceano para a RMSP é maior, pois há uma maior evaporação sobre o oceano. Para a situação oposta analisada no experimento 2 (aumento da TSM em 2 ºC, partindo de temperaturas mais frias), também é observada uma contribuição positiva na mesma região. Neste caso, o contraste de temperatura entre oceano e continente é maior e, portanto, há uma intensificação da brisa marítima. Como a circulação na célula de brisa é mais intensa, os movimentos ascendentes que acompanham a frente de brisa também são mais intensos. A análise dos totais de precipitação ocorridos na zona leste da cidade de São Paulo mostra que a ilha de calor urbana contribuiu para um aumento de cerca de 100 %. Este efeito é amenizado quando há um aumento na temperatura da superfície do mar.

Embora os experimentos realizados sejam bastante preliminares e não englobem todos os fatores que possam estar envolvidos na formação e desenvolvimento do sistema aqui estudado, fica claro que previsões acuradas de eventos de tempestades severas, pelos modelos de mesoescala normalmente utilizados, devem levar em consideração informações o mais precisas possível sobre a temperatura da superfície do mar. Previsões que utilizam dados climatológicos, como é geralmente o caso, podem trazer informações incorretas com relação a esses eventos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS NETO B.; SCARMINO, I. S. & BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Segunda Edição. Editora da Unicamp. 1995. 299 pp.

CLIMANÁLISE, **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, vol 18. nº 1, 2003. (disponível online: www.cptec.inpe.br)

COTTON, W. R.; PIELKE, R. A. SR.; WALKO, R. L., LISTON, G. E.; TREMBACK, C. J.; JIANG, H.; MCANELLY, R. L.; HARRINGTON, J. Y.; NICHOLLS, M. E.; CARRIO, G. G. & MCFADDEN, J. P. RAMS 2001: Current status and future directions**. Meteor. Atmos. Phys**., 82, 5-29, 2003.

FREITAS, E. D. **Circulações locais em São Paulo e sua influência sobre a dispersão de poluentes**. São Paulo, 2003. 157p. Tese de doutoramento do Departamento de Ciências

Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo.

FREITAS, E. D. & SILVA DIAS, P. L. **Desenvolvimento da brisa marítima sob diferentes situações de grande escala**. Aceito para apresentação no XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia – 29 de agosto a 03 de setembro de 2004 – Fortaleza – CE.

LOMBARDO, M. **A. Ilha de calor da metrópole paulistana**. São Paulo, 1984, 210p. Tese de Doutoramento do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

MASSON, V. A Physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models. **Bound. Layer Meteorol.** 94 (3): 357-397, 2000.

OLIVEIRA, A. P. & SILVA DIAS, P. L. **Aspectos observacionais da brisa marítima em São Paulo**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2, Pelotas, 1982, 129-145.

PEREIRA FILHO, A. J.; HAAS, R. & AMBRIZZI, T. Caracterização de eventos de enchente na bacia do Alto Tietê por meio do radar meteorológico e da modelagem numérica de mesoescala. 2002. In: **Anais** do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz do Iguaçu, Paraná, 2002. (CDROM).

SILVA, H. S. **Estudo da circulação associada a uma ilha de calor urbana com um modelo de simulação da brisa marítima**. São Paulo, 1986. 86p. Dissertação de Mestrado do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo.

SILVEIRA R. B. & SILVA DIAS, M. A. F. Análise dos ecos de radar de São Paulo durante o EM-III - diagnóstico de superfície e estudo da precipitação. In: **Anais** do VI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Salvador, Bahia, 1990, 738-742.

STEIN, U. & ALPERT, P. Factor separation in numerical simulations. **J. Atmos. Sci.**, 50, 2107-2115, 1993.

TARIFA, J. R. & ARMANI, J. Os climas urbanos. In: TARIFA, J. R. & AZEVEDO, T. R. **Os climas na cidade de São Paulo:** Teoria e prática. São Paulo, Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo. Laboratório de Climatologia – FFLCH. Coleção Novos Caminhos, 4, 2001, Cap. 3, pg. 47-70.

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL E ESPACIAL DAS CHUVAS ASSOCIADA AOS MOVIMENTOS DE MASSA NO LITORAL NORTE PAULISTA

RENATO TAVARES[1]
JOÃO LIMA SANT'ANNA NETO[2]
JOSÉ TADEU GARCIA TOMMASELLI[2]
MÁRCIA MARIA N. PRESSINOTTI[1]
JAIR SANTORO[1]

[1]Instituto Geológico - SMA/SP
Av. Miguel Stéfano, 3900. Água Funda. 04301-903. São Paulo-SP
[2] FCT/UNESP – Presidente Prudente/SP
R. Roberto Simonsen, 305. 19060-900. Presidente Prudente-SP.
{renato, mpressinotti, jsantoro}@igeologico.sp.gov.br
{joaolima, tadeu}@prudente.unesp.br

TAVARES, R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; TOMMASELLI, J.T.G. PRESSINOTTI, M. M. N.; SANTORO, J. Análise da variabilidade temporal e espacial das chuvas associada aos movimentos de massa no litoral norte paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 680-696. (CD-ROM)

RESUMO
Durante a década passada, entre os anos de 1991 e 2000, registraram-se 141 ocorrências de escorregamentos de encostas e outros processos de movimentos gravitacionais de massa no litoral norte paulista, resultando em 13 vítimas fatais e significativos danos econômicos à população. Este trabalho apresenta uma análise dos totais de chuva dessas ocorrências, associada ao estudo pluviométrico da área ao longo de 29 anos.
Palavras-chave: pluviometria, litoral norte paulista, movimentos gravitacionais de massa, variabilidade pluvial, escorregamentos.

ABSTRACT
Mass movement on São Paulo's North coast: rainfall temporal and spatial variability analysis. During the last decade, between 1991 and 2000, there were 141 occurrences of slope landslides and other gravitational mass movement processes. Most of these events were associated to rainy periods on the North coast of São Paulo state and resulted in 13 death cases and enormous economic loss to population. This paper presents the analysis of rain index during the events, associated to the study of 29 years of pluviometric data in the area.
Key-words: rain; North coast of São Paulo State; gravitational mass movements; rainfall variability; landslides.

1. INTRODUÇÃO

A porção norte da Zona Costeira Paulista é formada por uma estreita planície litorânea e por um conjunto de escarpas da Serra do Mar, naturalmente suscetíveis à ocorrência de escorregamentos e outros tipos de movimentos gravitacionais de massa. O aumento populacional e a crescente ocupação dessas áreas as tornam mais vulneráveis, expondo as pessoas e seus bens ao risco de perdas. A chuva é considerada o principal elemento deflagrador dos escorregamentos, mas não necessariamente o responsável. O litoral norte paulista caracteriza-se por uma elevada pluviosidade, tanto na região serrana, quanto na planície costeira de Ubatuba, além de alta variabilidade pluvial mensal, favorecendo ainda mais as condições de instabilidade dessas áreas.

A área de estudo situa-se ao longo da zona costeira no sentido sudeste-nordeste, entre as coordenadas 23°23'S e 24°00'S e 45°04'W e 46°29'W (Figura 1) e compreende os municípios de São Sebastião, Ilhabela, Caraguatatuba e Ubatuba. As escarpas da Serra do Mar formam o rebordo do Planalto Atlântico, com altitudes que variam de 800 a 1200m. Na região da Serra do Mar, as vertentes são muito inclinadas, abruptas e recortadas por sucessivas bacias hidrográficas, cuja drenagem se dirige totalmente para o mar. Possui importante remanescente vegetal de mata atlântica, de valiosa biodiversidade, que compõe a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, considerada patrimônio da humanidade pela UNESCO.

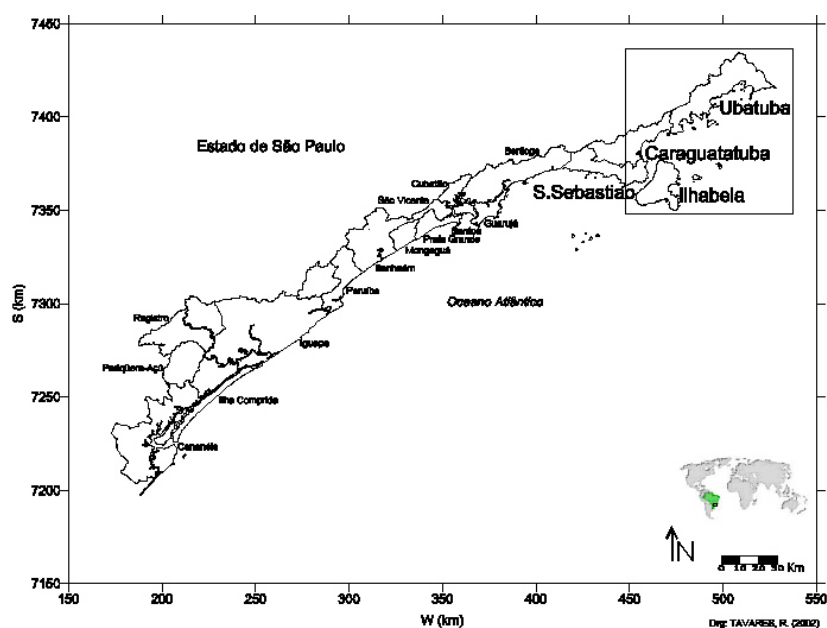



Figura 1. Zona Costeira do Estado de São Paulo – litoral norte em destaque.

Definida por MONTEIRO (1973), sob o paradigma da abordagem rítmica da dinâmica atmosférica regional e sua tipologia pluvial, a classificação climática do Estado de São Paulo destaca a porção norte da zona costeira como uma grande unidade regional, de clima tropical úmido, onde a Serra de Juqueriquerê representa o limite com o clima subtropical, esse com atuação mais significativa dos sistemas extratropicais. O autor identifica o predomínio dos sistemas equatoriais e tropicais no litoral norte, com uma participação de cerca de 30% a 40% menor do ar polar, comparado ao restante do litoral paulista. A posição da Serra do Mar, bem próxima à costa, é responsável pela acentuada pluviosidade decorrente do efeito orográfico. SANT'ANNA NETO (1990) apresenta uma classificação de unidades climáticas do litoral norte que se diferenciam quanto à distribuição pluvial, definida principalmente pela orografia regional.

Os estudos de correlação entre chuva intensa e escorregamento no litoral paulista começaram a partir de 1960. GUIDITINI e IWASA (1972) demonstram a preocupação em definir um valor limite de chuva acima do qual seriam desencadeados os escorregamentos, destacando a importância da precipitação acumulada antecedente. TATIZANA et al (1987a; 1987b) propõem um coeficiente de precipitação crítica que considera a relação entre a precipitação acumulada antecedente, a intensidade horária da chuva e as características geotécnicas da área, como condicionantes favoráveis à deflagração dos escorregamentos.

A partir das ocorrências catastróficas do verão de 1987/1988 no litoral paulista, o governo estadual determinou a elaboração de um relatório sobre a instabilidade da Serra do Mar no Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1988), com o objetivo de identificar as áreas ocupadas sob risco frente aos processos de instabilização, e a proposição de medidas de prevenção, redução e eliminação desses riscos. Os resultados alcançados subsidiaram a elaboração e implantação do Plano Preventivo de Defesa Civil específico para escorregamentos nas encostas da Serra do Mar – PPDC. Suas ações estabelecem o acompanhamento diário da chuva durante os meses de verão, considerando basicamente dois indicadores: precipitação acumulada em 24 horas e 72 horas, e o cálculo do CCM - coeficiente de ciclo móvel - que mede a anomalia da precipitação frente à série histórica de chuva da área. Para o litoral norte foi definido o total de 120 mm de chuva acumulada em até 72 horas, como limite para a mudança de nível operacional do PPDC, sob o qual aumenta a probabilidade de deflagração dos movimentos de massa (MACEDO et al, 1999).

O presente trabalho analisa o comportamento pluvial no litoral norte paulista durante as ocorrências de movimentos de massa registrados entre 1991 e 2000, e avalia sob quais totais acumulados de chuva eles foram deflagrados, considerando as diferenciações espaciais e temporais inerentes à área. Este estudo visa oferecer informações de cunho climatológico como subsídio à Defesa Civil e municípios abrangidos, bem como às equipes técnicas das instituições de pesquisa que atuam no plano, nas ações de prevenção de desastres naturais.

2. METODOLOGIA

Os dados referentes à ocorrência de processos de movimentos gravitacionais de massa que causaram vítimas, ou expuseram a população a situações de risco, foram extraídos do Cadastro de Eventos de Movimentos Gravitacionais de Massa (SANTORO,

2001 e 2003), dos registros e bancos de dados do Plano Preventivo de Defesa Civil – PPDC, do Instituto Geológico, e dos registros de eventos das Defesas Civis Municipais (COMDEC's). Dessa forma, foram levantadas as seguintes informações: município; coordenadas UTM do local onde ocorreu o evento; data da ocorrência; número de eventos em cada local; e tipo de movimento de massa que ocorreu. Foram ao todo 141 registros de ocorrências de movimentos de massa na década analisada.

Os dados de chuva utilizados nessa pesquisa foram obtidos de 10 postos da rede pluviométrica do Estado de São Paulo, mantida pelo DAEE/CTH (www.sigrh.sp.gov.br), conforme consta na Tabela 1:

Tabela 1. Postos pluviométricos utilizados na pesquisa.

Município	ID	Posto	Latitude		Longitude		Nome posto	Alt. (m)
			geográfica	UTM	geográfica	UTM		
Ubatuba	1	E1-004	23°23'S	7416,097	44°50'W	517,893	Picinguaba	34
	2	E2-052	23°26'S	7408,473	45°04'W	493,189	Ubatuba	1
	3	E2-009	23°23'S	7414,597	45°07'W	487,886	Mato Dentro	220
	4	E2-122	23°32'S	7396,016	45°14'W	476,191	Maranduba	10
Caraguatatuba	5	E2-046	23°38'S	7386,266	45°26'W	455,799	Caraguatatuba	20
	6	E2-128	23°42'S	7379,490	45°27'W	456,079	Porto Novo	21
São Sebastião	7	E2-045	23°46'S	7371,875	45°25'W	458,340	São Francisco	30
	8	E2-124	23°47'S	7368,877	45°33'W	443,168	Maresias	6
Ilhabela	9	E2-012	23°47'S	7366,237	45°21'W	462,816	Ilhabela	3
	10	E2-142	23°55'S	7355,685	45°27'W	453,503	Burrifas	9

A análise pluviométrica parte do estudo elaborado por TAVARES et al (2003), que utilizam a série temporal de 1971-1999, com o intuito de classificar regionalmente as unidades pluviais do litoral norte paulista, subsidiando a avaliação das situações de risco a movimentos de massa e inundação.

A metodologia de análise consistiu no tratamento estatístico dos dados em diversas escalas temporais: anual, sazonal, mensal e diária (acumuladas de 72 h e 24 h). Foram realizados cálculos de tendência central (média aritmética), de dispersão (desvios padrão e coeficientes de variação), e de probabilidade (tempo de recorrência ou período de retorno).

Para a caracterização sazonal foram considerados os seguintes períodos: verão - janeiro, fevereiro e março; outono - abril, maio e junho; inverno - julho, agosto e setembro; e primavera - outubro, novembro e dezembro.

Buscando representar a evolução temporal das chuvas e sua distribuição espacial no litoral norte paulista, adotou-se o critério de classificação de padrões habituais e excepcionais ou extremos proposta por SANT'ANNA NETO (1995), adaptado e aplicado em nível anual, sazonal e mensal:

- padrão chuvoso: $\geq (\overline{P} + \sigma)$;
- padrão tendente a chuvoso: $> \left(\overline{P} + \frac{1}{2}\sigma\right) < (\overline{P} + \sigma)$;
- padrão habitual: $= \left(\overline{P} \pm \frac{1}{2}\sigma\right)$;
- padrão tendente a seco: $< \left(\overline{P} - \frac{1}{2}\sigma\right) > (\overline{P} - \sigma)$;
- padrão seco: $\leq (\overline{P} - \sigma)$.

Os cálculos do tempo de recorrência ou período de retorno foram realizados para chuvas acumuladas de 70, 80, 100 e 120mm em 24 h, e 80, 100, 120 e 150mm em 72 h, utilizando-se a equação de Chow-Gumbel (CHOW, 1953) para eventos extremos, conforme segue:

$$P(T) = \overline{P} + \sigma \cdot k(T)$$

sendo $\overline{P}$ a média da amostra de eventos extremos, σ o desvio-padrão desta mesma amostra e **k** o coeficiente de freqüência de Gumbel, que é função do período de retorno **T** (anos), dado por:

$$k(T) = -\frac{\sqrt{6}}{\pi}\left[0{,}577 + \ln\left(\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right)\right]$$

A distribuição espacial da chuva também foi analisada a partir da elaboração de mapas de isoietas anuais e médias, utilizando o método da krigagem através do software Surfer.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As encostas da Serra do Mar, pela elevada declividade e presença de condicionantes geológicos/geotécnicos, climáticos e aqueles ligados à cobertura vegetal, são palco freqüente de processos de instabilização, envolvendo desde o rastejo, quase imperceptível, dos horizontes superiores do solo, até grandes escorregamentos com conseqüências, às vezes, catastróficas. Os vários tipos de instabilização verificados nessas encostas durante o período estudado, podem ser classificados de diferentes formas, seja pelo tipo de material envolvido (solo: coluvionar, saprolítico etc; rocha: alterada, sã etc; depósitos de tálus; material rochoso com estruturas), seja pelo tipo de movimento de massa (escorregamento *strictu-sensu*, queda, rastejo etc), ou pela velocidade com que tais movimentos ocorrem.

A maioria das ocorrências de instabilização de encostas nessa região, na década analisada, é representada principalmente por escorregamentos de solo, predominando os translacionais (planares), totalizando mais de 70% das ocorrências (Figura 2, escorregamentos + movimentos gravitacionais de massa mistos). Esses escorregamentos que ocorreram com freqüência durante o período chuvoso, produziram danos de diversas magnitudes nas instalações e ocupações urbanas existentes nessa porção do litoral paulista, inclusive alguns deles resultaram em vítimas fatais (total de 13 no período).

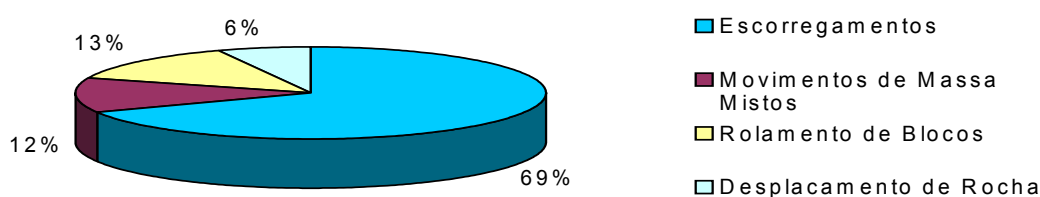



Figura 2. Tipos de movimentos gravitacionais de massa acorridos no litoral norte.

Os mecanismos de instabilização associados aos escorregamentos translacionais de alta e média encosta da Serra do Mar, estão ligados a saturação do solo pela infiltração das águas da chuva, que provoca aumento de tensões atuantes e queda de resistência, chegando até a eliminação da coesão do material (SÃO PAULO, 1976; WOLLE et al, 1976; WOLLE, 1980), o que pode ser suficiente para provocar a ruptura.

Além dos escorregamentos de solo, outros tipos de instabilização foram identificados, representando menos de 30% das ocorrências. Esses movimentos envolveram rupturas, quedas ou rolamento de blocos de rocha e material saprolítico, existindo sempre a presença de componentes preparatórios específicos de desconfinamento do maciço ou do(s) bloco(s). Esse desconfinamento, em geral, foi originado por corte ou escavação e, em alguns casos, resultou da ação erosiva das águas pluviais e/ou fluviais, como observado em trabalhos anteriores (SÃO PAULO,1988a). Assim, com o prévio desconfinamento e/ou uma exposição ao meio (caso de cortes que avançam até a rocha), ocorreram rupturas em taludes rochosos. Mesmo os casos de rolamento ou queda de blocos foram precedidos por erosão ou carreamento do solo ou de blocos que lhe davam sustentação. Foram também identificados alguns movimentos originados apenas pela escavação, com ruptura durante a construção, não associada à ocorrência de chuvas.

A identificação de unidades pluviais homogêneas e seus atributos são fundamentais para a correlação com os movimentos de massa e a análise de risco. A Figura 3 apresenta a configuração regional desses setores associados à localização das ocorrências dos escorregamentos onde, basicamente, são identificadas as unidades de Picinguaba, Ubatuba, Caraguatatuba, São Sebastião e Ilhabela. A unidade Serra do Mar caracteriza-se pelos dados do único posto pluviométrico da região (Mato Dentro) na zona de contato entre a planície e a encosta, à 220m de altitude. A unidade Maresias é utilizada como apoio à análise mais abrangente do contexto regional, buscando demonstrar as diferenças existentes entre elas.

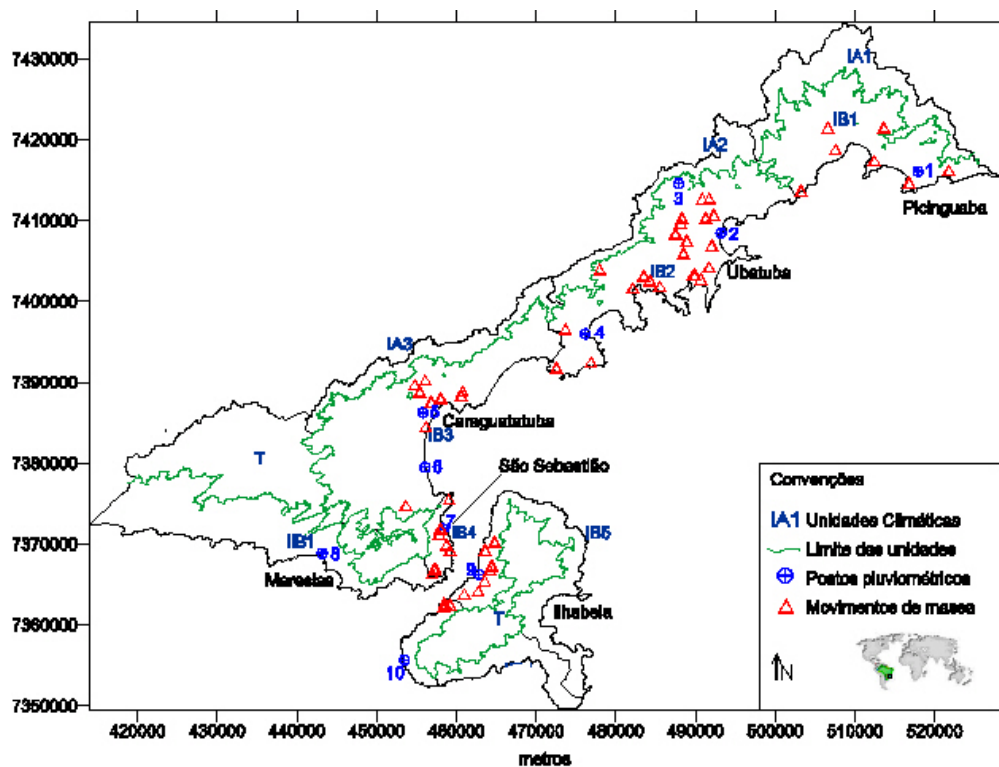



Figura 3. Unidades climáticas, postos pluviométricos e locais dos movimentos de massa.

A variabilidade pluviométrica representa um importante parâmetro para a caracterização das unidades climáticas do litoral, sendo um dos fatores que compõe a análise de perigo a escorregamentos e risco às pessoas e aos bens (TOMINAGA et al, 2004). As áreas que apresentam alta variabilidade pluviométrica, em tese, estão mais sujeitas a esses riscos, uma vez que a previsibilidade do fenômeno pluvial e sua repercussão no espaço geográfico estão menos sujeitas a acertos. As séries de dados de elevada variabilidade registraram o maior número de eventos chuvosos críticos ou extremos que deflagraram os movimentos de massa, aumentando a probabilidade de ocorrência desses processos sob essa condição.

A variabilidade foi calculada a partir do coeficiente de variação mensal da chuva de cada área, e a classificação de grandeza foi estabelecida a partir da análise desse parâmetro para todo o litoral. Assim, a variabilidade pluvial do litoral norte é vista no contexto de toda a zona costeira paulista, e não somente entre os dados de sua região. Na escala de valores da variabilidade, há diferenças significativas entre os meses. Do segmento temporal analisado para o período mais chuvoso de setembro a maio, o mês de janeiro é o que apresenta coeficientes mais baixos na média geral (Tabela 2), variando de 40,5 a 49,8% nas unidades do litoral norte. O mês de fevereiro se destaca como o mais variável de todo o litoral, com índices entre 60,2% em São Sebastião e 97,9% em Picinguaba, o maior registrado em todas as áreas. Em seguida, o mês de março mantém os índices altos, novamente mais elevado em Picinguaba. Cabe destacar o mês de maio, que em geral não são esperados episódios de chuvas intensas ou muito variáveis de ano para ano. No entanto, as séries de dados apontam para uma elevada variabilidade nesse mês na maioria das unidades. A porção sul (São Sebastião e Ilhabela) apresenta variabilidade pluvial maior na primavera, sendo o mês de novembro a mais elevada, considerando todas as unidades. Portanto, além dos meses típicos de chuvas intensas, como fevereiro e março, os meses de maio e novembro devem ser considerados potencialmente perigosos para a deflagração dos movimentos de massa.

Tabela 2. Variabilidade pluvial mensal e média no Litoral Norte.

Unidades Climáticas		*Meses*									*Média*
		Set	*Out*	*Nov*	*Dez*	*Jan*	*Fev*	*Mar*	*Abr*	*Mai*	*Verão*
Serra do Mar	IA1/2/3	Média	Média	Média	Baixa	Média	Muito Alta	Média	Alta	Alta	Alta
Picinguaba	IB1	Média	Média	Média	Média	Média	Muito Alta	Muito Alta	Média	Média	Muito Alta
Ubatuba	IB2	Média	Média	Média	Média	Média	Muito Alta	Alta	Média	Alta	Alta
Caraguatatuba	IB3	Média	Baixa	Média	Média	Média	Alta	Média	Média	Alta	Média
São Sebastião	IB4	Média	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Média	Média	Alta	Média
Ilhabela	IB5	Alta	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Maresias	IIB1	Alta	Média	Alta	Alta	Média	Alta	Alta	Média	Média	Alta

Variabilidade Pluvial Mensal

TAVARES, SANT'ANNA NETO, TOMMASELLI 2004

Convenções

Muito Alta	>70%
Alta	55,1-70,0%
Média	40,0-55,0%
Baixa	<40%

A análise da distribuição temporo-espacial dos dados de chuva demonstra que a unidade de Ilhabela apresenta alta variabilidade na maioria dos meses, especialmente na primavera. Isso se dá pela posição singular da ilha frente ao continente, que forma um canal relativamente estreito entre áreas de elevadas altitudes, induzindo uma canalização da circulação atmosférica, que somado ao efeito orográfico, geram conflitos inerentes à

especificidade geográfica e geomorfológica dessa porção do território, bastante irregular do ponto de vista da orientação das vertentes. Somado a isso, trata-se de uma área de transição climática, que tem como limites, a Serra de Juqueriquerê e a própria Ilhabela, assemelhando-se, em termos altimétricos, com a primeira, onde os sistemas tropicais atuam com maior predominância na porção norte e, no sul, os sistemas extratropicais.

Na tabela anterior (Tabela 2), nota-se também que, em geral, todo o litoral norte possui uma alta variabilidade pluvial, destacando-se os meses de fevereiro e março para Picinguaba e Ubatuba, aumentando o potencial de risco para essas áreas no final do verão, período mais sujeito às ocorrências de movimentos de massa. A unidade Caraguatatuba apresenta menor variabilidade como um todo, explicada pela sua posição geográfica mais “abrigada” pelo relevo, amenizando o efeito do conflito na circulação atmosférica e na orografia, produzindo as chamadas “sombras de chuva”.

O período de retorno apresenta um panorama das possibilidades de ocorrência de chuvas intensas nas localidades, essencial para a operação do PPDC no litoral norte. A análise da Tabela 3 aponta para um período de retorno anual das chuvas diárias de 80mm, em todas as localidades, e para a porção Serra do Mar, Picinguaba, Ubatuba e Maresias, até 100mm em 24 horas. Percebe-se também que nos meses de fevereiro e março, há uma alta possibilidade de ocorrência de chuvas concentradas de 100mm/dia em todas as localidades. A unidade São Sebastião apresenta a menor probabilidade de ocorrência de chuvas intensas, em parte por ser a porção de menor pluviosidade de todo o litoral norte. De qualquer maneira, não está imune às ocorrências de movimentos de massa, em grande parte, decorrente das ocupações inadequadas nas encostas.

Tabela 3. Período de retorno de precipitação máxima de 70, 80, 100 e 120mm em 24 horas no litoral norte

Unidades Climáticas		*Meses*									*Ano*
		Set	*Out*	*Nov*	*Dez*	*Jan*	*Fev*	*Mar*	*Abr*	*Mai*	
Serra do Mar	IA1/2/3										
Picinguaba	IB1										
Ubatuba	IB2										
Caraguatatuba	IB3										
São Sebastião	IB4										
Ilhabela	IB5										
Maresias	IIB1										

Tempo de retorno de precipitação máxima acumulada em 24h
Tavares, Sant'Anna Neto, Tommaselli 2004

Convenções
Tempo de retorno de 80mm
Tempo de retorno de 100mm
Tempo de retorno de 120mm
Tempo de retorno de 150mm

Muito alto – até 1 ano
Alto – 1,1 a 5 anos
Médio – 5,1 a 10 anos
Baixo – > 10 anos

A Tabela 4 apresenta os valores de período de retorno para a seqüência chuvosa de 3 dias, para os totais pluviais de 80, 100, 120 e 150mm. Observa-se que, para as porções

Serra do Mar, Picinguaba e Ubatuba, o período de retorno para chuva acumulada de 120mm em 72 h é anual.

Tabela 4. Período de retorno de precipitação máxima de 80, 100, 120 e 150mm em 72 h no litoral norte.

Unidades Climáticas		*Meses*									*Ano*
		Set	*Out*	*Nov*	*Dez*	*Jan*	*Fev*	*Mar*	*Abr*	*Mai*	
Serra do Mar	IA1/2/3										
Picinguaba	IB1										
Ubatuba	IB2										
Caraguatatuba	IB3										
São Sebastião	IB4										
Ilhabela	IB5										
Maresias	IIB1										

Tempo de retorno de precipitação máxima acumulada em 3 dias
Tavares, Sant'Anna Neto, Tommaselli 2004

Convenções
Tempo de retorno de 80mm
Tempo de retorno de 100mm
Tempo de retorno de 120mm
Tempo de retorno de 150mm

Muito alto — até 1 ano
Alto — 1,1 a 5 anos
Médio — 5,1 a 10 anos
Baixo — > 10 anos

Analisando os registros de movimentos de massa para o período de 1991 a 2000, observa-se que a unidade Ubatuba apresentou o maior número de ocorrências, conforme a Figura 4.

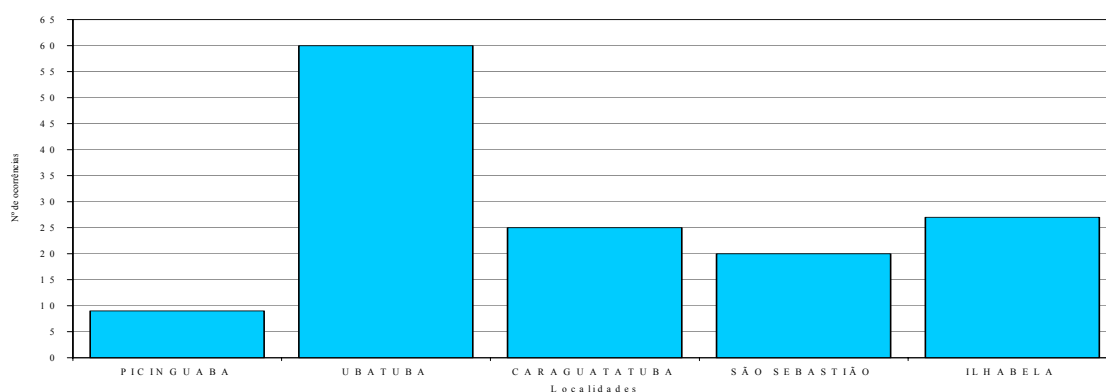



Figura 4. Número de ocorrências de movimentos de massa por localidade no litoral norte.

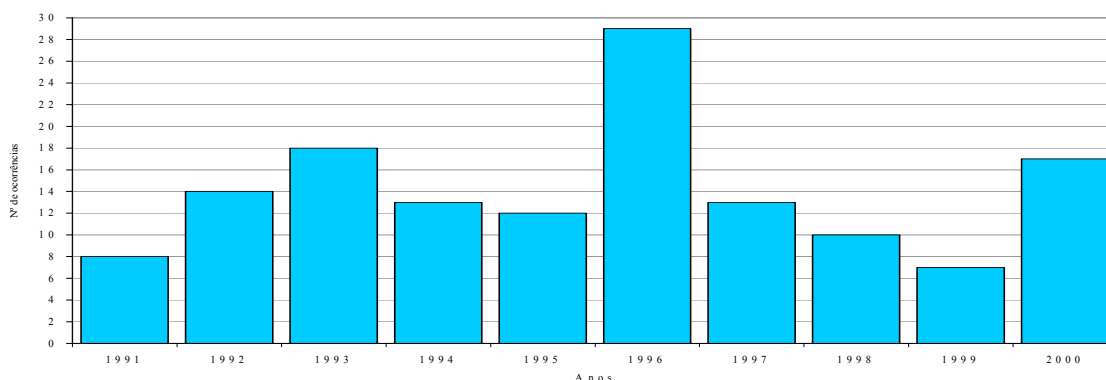



Figura 5. Distribuição anual do número de ocorrências de movimentos de massa no litoral norte.

A distribuição anual dos dados (Figura 5) destaca o ano de 1996 como o de maior número de ocorrências de movimentos de massa.O verão de 1996 foi considerado o mais

excepcionalmente chuvoso da década de 90 para todas as localidades, conforme pode ser observado na Figura 6. Essa figura apresenta a distribuição, por data, de todas as ocorrências ao longo dos 10 anos analisados e os totais de chuva acumulada em 72 h. A análise dos dados foi confrontada com a distribuição sazonal das chuvas, seguindo a classificação dos padrões habituais e excepcionais, conforme pode ser observado abaixo.

Observa-se que as situações com o maior número de ocorrências de movimentos de massa estiveram sob condições pluviais excepcionalmente acima da média, como o verão de 1996 para todas as localidades, antecedido por uma primavera também excepcionalmente chuvosa, em que houve escorregamentos em novembro e dezembro de 1995 (Caraguatatuba e São Sebastião). Situação similar ocorreu na primavera-verão de 1992-1993 e 1997-1998, com os padrões pluviais variando de chuvoso à tendente a chuvoso.

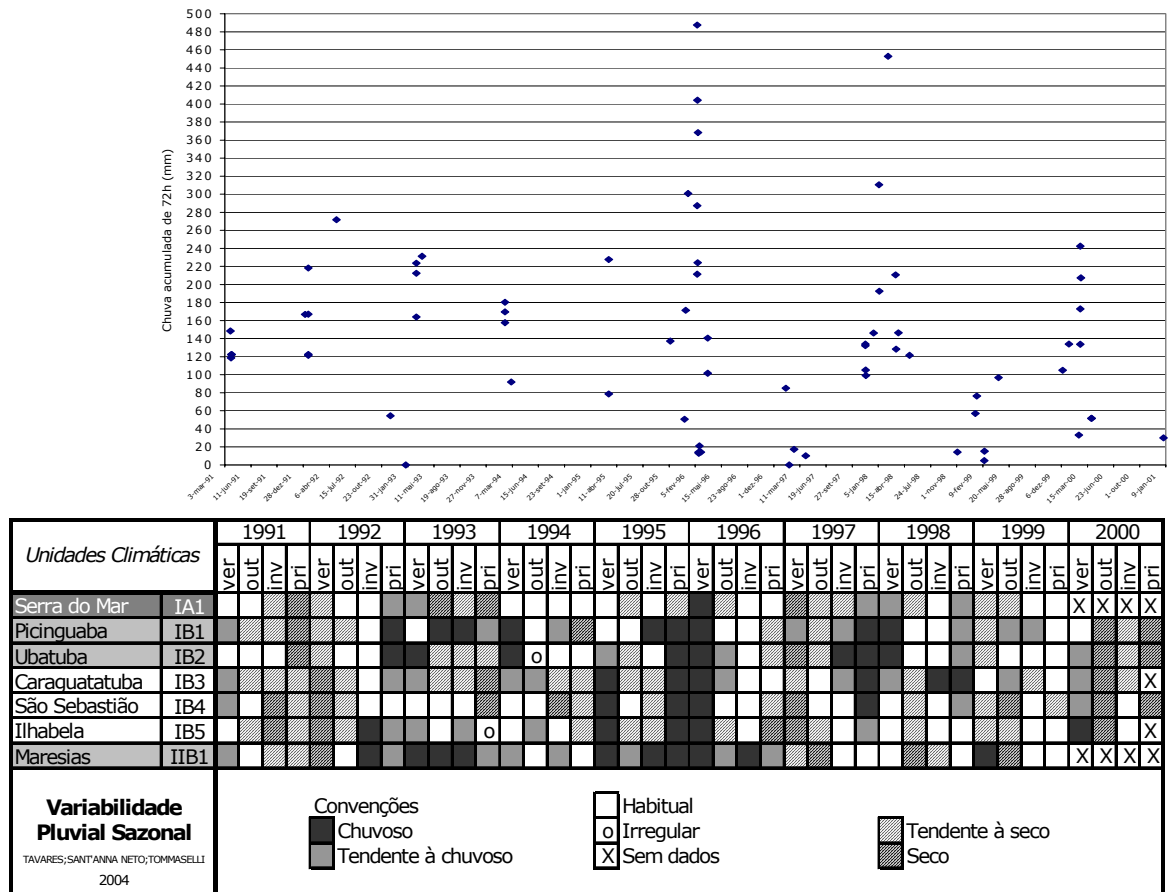



Figura 6. Distribuição temporal dos movimentos de massa respectivos totais pluviais acumulados de 120mm/72 h, e os padrões pluviais sazonais do período.

Os escorregamentos de 1993 ocorreram somente no verão. Em 1997, os movimentos de massa foram observados principalmente na primavera, nas unidades Picinguaba e Ubatuba, durante os meses de novembro e dezembro. No ano de 1998, o

verão foi excepcionalmente chuvoso novamente nas unidades Picinguaba e Ubatuba, exatamente nas localidades que tiveram registros de escorregamentos. Em termos de distribuição mensal, os meses de fevereiro e março registraram o maior número de ocorrências, conforme demonstra a Figura 7. Observa-se também que essas ocorrências não estão restritas apenas aos meses de verão, destacando-se registros consideráveis no mês de novembro.

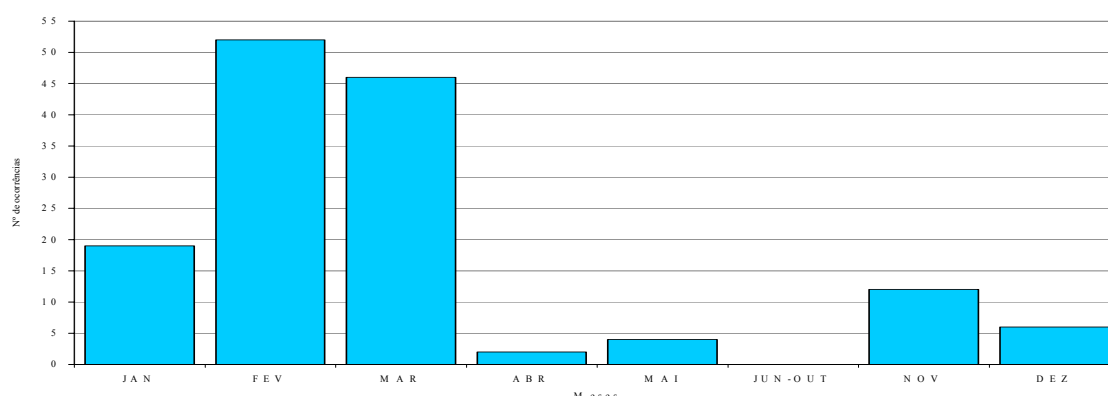



Figura 7. Distribuição mensal do número de ocorrências de movimentos de massa no litoral norte.

Analisando a chuva acumulada de 72 h durante as ocorrências de movimentos de massa registradas nas diferentes localidades (Figura 8), observa-se um predomínio nos valores acima de 120mm. Porém, há casos significativos de ocorrências abaixo de 80mm em 72 h.

Uma hipótese que pode ser apresentada para a ocorrência de eventos em que o acumulado pluviométrico de 72 h não é aparentemente o "responsável" pelo processo é que, outros mecanismos de instabilização podem ter atuado ou contribuído de forma definitiva para a ocorrência de determinado movimento de massa, quais sejam, aqueles ligados diretamente à intervenção antrópica, tais como: cortes e aterros mal executados; existência de fossas mal construídas; lançamentos inadequados das águas servidas; oscilações do nível d'água do lençol freático; vazamentos de água das tubulações que captam e transportam essas águas; sistemas de drenagem de águas pluviais e fluviais precários. Ou seja, os fatores citados anteriormente são os responsáveis pela instabilização dos taludes afetados por determinado evento, embora não se tenha o registro de chuvas intensas no dia do ocorrido ou próximo do mesmo. Outra hipótese relaciona-se a intensidade horária da chuva que, neste trabalho, não foi analisada, em função da ausência de dados horários dos postos pluviométricos da área. A ocorrência dos movimentos de

massa pode estar associada à precipitação intensa abaixo de 80mm, ocorrida num curto espaço de tempo.

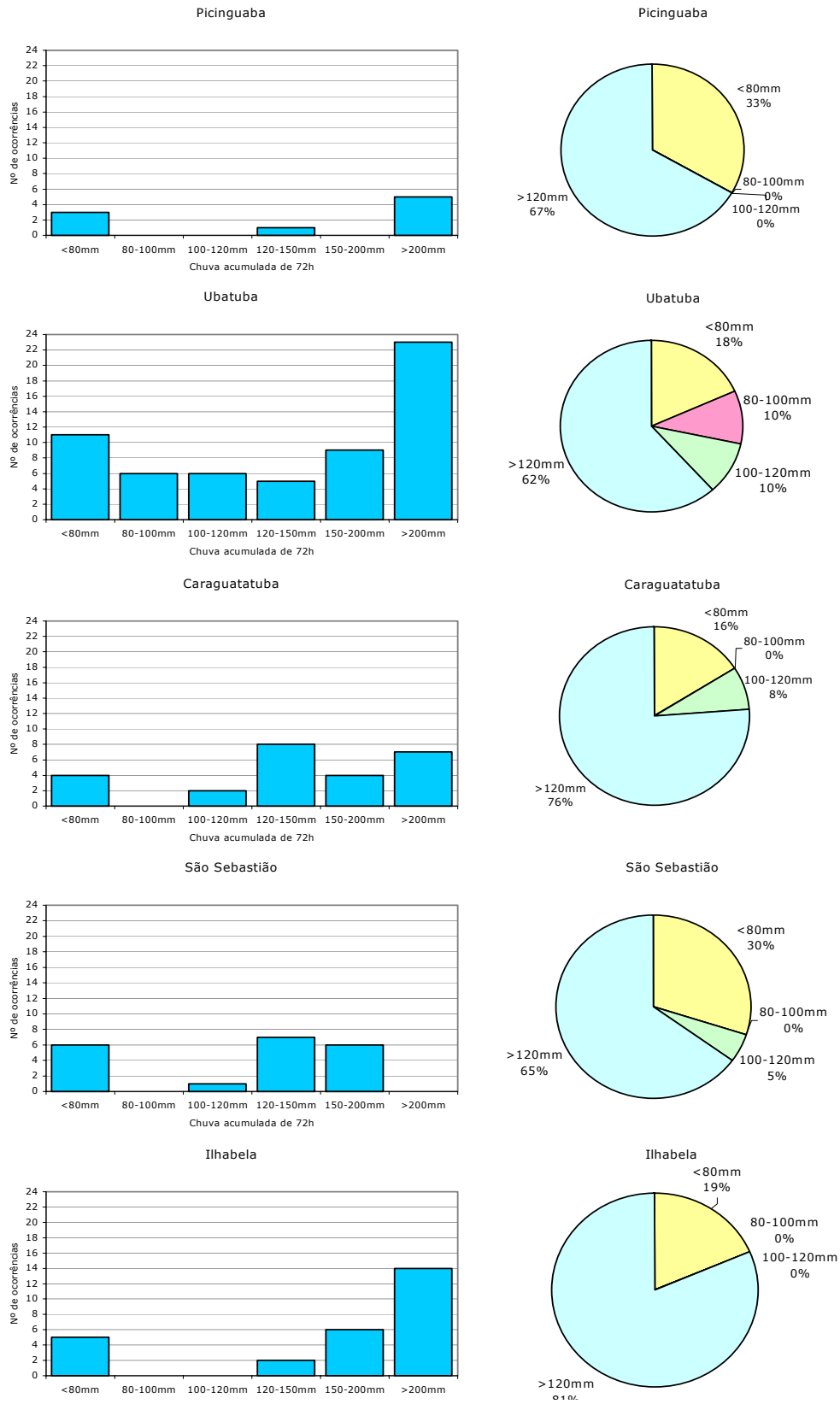



Figura 8. Distribuição das ocorrências por chuva acumulada de 72 h nas localidades.

A Figura 9 apresenta o número total das ocorrências de movimentos de massa no litoral norte associados ao volume pluvial. Predominam os movimentos de massa sob chuvas acumuladas de 120mm/72 h (69%), mas 21% deles ocorreram com acumuladas abaixo de 80mm/72 h. Desses, cerca de 8% estiveram associados à seqüência chuvosa intensa anterior a 72 h, e 2% à indução antrópica direta (somente em São Sebastião e Ilhabela), sem chuvas, conforme aferido em laudos de vistorias. Mais da metade dessas ocorrências abaixo de 80mm/72 h, cerca de 13%, foi de movimentos de massa do tipo rolamento de blocos e mistos, que não estão necessariamente associados a elevados totais pluviométricos, como já discutido anteriormente. As ocorrências sob chuva acumulada entre 80 e 100mm/72 h foram observadas somente em Ubatuba, e entre 100 e 120mm/72 h em Ubatuba, Caraguatatuba e São Sebastião, onde predominaram os rolamentos de bloco e movimentos gravitacionais de massa do tipo misto.

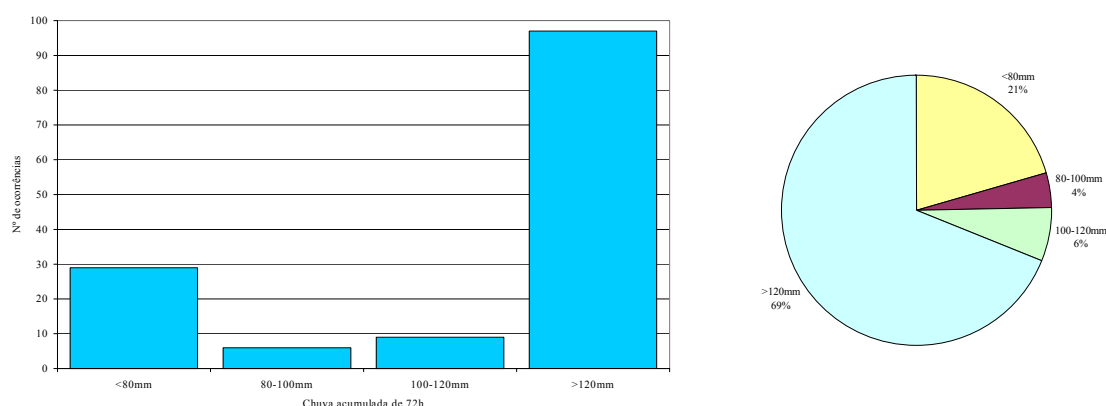



Figura 9. Distribuição das ocorrências de movimentos de massa por chuva acumulada de 72 h.

4. CONCLUSÃO

A maioria dos registros de movimentos de massa ocorreu sob chuva acumulada igual ou superior a 120mm/72 h, totalizando 69% dos casos. Dos 31% restantes, 10% ocorreram entre 80 e 120mm/72 h e 21% abaixo de 80mm/72 h. As ocorrências observadas sob totais baixos de chuva acumulada apontam para algumas causas:

- indução antrópica direta, sem presença de chuva, como verificado nos laudos de vistorias para alguns casos (por exemplo, lançamento inadequado de água servida);
- seqüência chuvosa intensa anterior ao período de 72 h. Como exemplo, a chuva acumulada de 72 h no dia 13/02/96 em Ubatuba, que totalizou 404,3mm, e provocou escorregamentos e rolamentos de blocos até o dia 26, sendo registradas chuvas diárias abaixo de 15mm desde o dia 18;

- evento pluvial intenso em 24 h, que não necessariamente acumula total acima de 80mm em 72 h. Verificaram-se ocorrências deflagradas por chuva de aproximadamente 60mm/24 h em Ubatuba e São Sebastião no mês de março; 55mm/24 h em Caraguatatuba no mês de janeiro; e 50mm/24 h em Ubatuba no mês de janeiro e em Caraguatatuba no mês de dezembro. De maneira geral, volumes pluviais diários acima de 50mm representam uma situação de perigo à deflagração de movimentos de massa durante o verão, conforme verificados nos registros das ocorrências, somados aos dados da Tabela 3, que aponta, para todas as localidades, um período de retorno anual de chuvas de 80mm em 24 h. Cabe ressaltar que os postos pluviométricos utilizados neste trabalho não possuem dados horários, o que poderia contribuir para uma análise da intensidade da chuva associada às ocorrências dos movimentos de massa.

A tabela seguinte apresenta, para cada localidade, os meses que ocorreram movimentos de massa e os totais pluviais sob os quais, em geral, foram deflagrados.

Tabela 5. Distribuição espacial e temporal dos totais pluviais deflagradores dos movimentos de massa no litoral norte

Unidades Climáticas		*Meses*						
		Nov	*Dez*	*Jan*	*Fev*	*Mar*	*Abr*	*Mai*
Picinguaba	IB1							
Ubatuba	IB2							
Caraguatatuba	IB3							
São Sebastião	IB4							
Ilhabela	IB5							

>120mm/72 h ou 50mm/24 h >100mm/72 h ou 50mm/24 h

Os meses de fevereiro e março, respectivamente, registraram o maior número de ocorrências de movimentos de massa e representam o período com a maior variabilidade pluvial e o menor período de retorno de chuva acumulada da área (Tabelas 2, 3 e 4). Movimentos de massa em Picinguaba são registrados apenas a partir de 1996, e podem estar associados à ocupação crescente da área nos últimos anos. Considerando a diferenciação regional dessa unidade, mais chuvosa e com maior probabilidade de ocorrência de eventos chuvosos intensos (TAVARES et al, 2003; Tabelas 2, 3 e 4), faz-se necessário manter as observações pluviométricas na área, integrando o monitoramento do PPDC durante seu período de operação.

5. AGRADECIMENTOS

Claudinei Lopes Santana, Fábio Arantes, Kelly Cristina de Melo (bolsistas IG); Ângela Cristina Silva (Unesp/FCT/PP); Mirian Ramos Gutjahr, Maria de Lourdes Figueiredo Gomes, Célia Regina de Gouveia Souza, Lídia Keiko Tominaga, Cláudio José Ferreira, Ricardo Vedovello, Paulo César Fernandes da Silva (IG); Ana Fernandes Xavier (SMA); COMDEC's; Prefeituras dos municípios do litoral norte; DAEE/CTH; FAPESP (98/14277-2).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHOW, V.T. Frequency of hydrologic data with special application to rainfall intensities. **University of Illinois Bulletin**, p.50-81, 1953.

GUIDICINI, G. e IWASA, O.Y. **Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido**. São Paulo: IPT, 1972. 48p.

MACEDO, E.S.; OGURA, A.T.; SANTORO, J. Defesa Civil e Escorregamentos: o Plano Preventivo do Litoral Paulista. In **Anais do 9º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia**. São Pedro: ABGE, 1999.

MONTEIRO, C. A. de F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**. Atlas. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1973. 129p.

SANT'ANNA NETO, J.L. **As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica.** Tese de Doutorado. São Paulo: FFLCH/USP, 1995. 235p.

SANT'ANNA NETO, J.L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: FFLCH/USP, 1990. 156p.

SANTORO, J. Cadastro de Movimentos Gravitacionais de Massa. In SOUZA, C. R. de G. **Sistema Integrador de Informações Geoambientais para o Litoral do Estado de São Paulo, Aplicado ao Gerenciamento Costeiro**. 1º Relatório Técnico/Processo FAPESP 1998/14.277-2. São Paulo: Instituto Geológico/Fapesp, 2001. p. 115-139.

SANTORO, J. Carta de Inventário de Eventos de Movimentos Gravitacionais de Massa. In SOUZA, C.R. de G. **Sistema Integrador de Informações Geoambientais para o Litoral do Estado de São Paulo, Aplicado ao Gerenciamento Costeiro**. 3º Relatório Técnico/Processo FAPESP 1998/ 14.277-2. São Paulo: Instituto Geológico/Fapesp, 2003. p. 112-115.

SÃO PAULO (Estado). Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Estudo geológico-geotécnico de dois conjuntos "Maciço-Túnel" na pista ascendente da Rodovia dos Imigrantes**. Relatório nº 9086, emitido para o DERSA. São Paulo: IPT, 1976. 3v.

SÃO PAULO (Estado). Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Programa Serra do Mar – Estudo geotécnico dos principais mecanismos de instabilização na Serra do Mar**.

Relatório nº 25.957, emitido para a ELETROPAULO. São Paulo: IPT, 1988a. v. 1, textos, 112p.

SÃO PAULO (Estado). SMA/SCT. **Instabilidade da Serra do Mar no Estado de São Paulo: situações de risco**. São Paulo: SMA/SCT, 1988b. 4v.

TATIZANA, C. et al. **Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos - Serra do Mar, município de Cubatão.** In 5º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, 1987a. v. 2, p. 225-236.

TATIZANA, C. et al. **Modelamento numérico da análise de correlação entre chuvas e escorregamentos aplicado às encostas da Serra do Mar no município de Cubatão**. In 5º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, 1987b. v. 2, p. 237-248.

TAVARES, R.; SANT'ANNA NETO, J.L.; TOMMASELLI, J.T.G. Mapa de Unidades Climáticas do Litoral Paulista. In SOUZA, C.R. de G. **Sistema Integrador de Informações Geoambientais para o Litoral do Estado de São Paulo, Aplicado ao Gerenciamento Costeiro**. 3º Relatório Técnico/Processo FAPESP 1998/ 14.277-2. São Paulo: Instituto Geológico/Fapesp, 2003. p. 57-83, anexos.

TOMINAGA, L.K. **Cartas de perigo a escorregamentos e de risco a pessoas e bens do litoral norte do Estado de São Paulo**. In 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental (novembro de 2004). São Carlos: ABGE, 2004. Inédito.

WOLLE, C. M. **Taludes Naturais - Mecanismos de instabilização e critérios de segurança**. Dissertação de Mestrado. São Paulo:EPUSP, 1980. 345p.

WOLLE, C.M. et al. **Mecanismos de instabilização de taludes na Serra do Mar, Sudeste do Brasil**. Publicação IPT, n. 1079. São Paulo: IPT, 1976. 20p.

ANALISE SINÓTICA DE UM CICLONE EXTRATOPICAL QUE ATINGIU A CIDADE DE PELOTAS – RS

FERNANDES, D. S.[1]
PINTO, L. B.[1]
CAMPOS, C. R. J.[1]

[1]Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário, s/nº
Caixa Postal 354 CEP 96010-900 Pelotas, RS, 275-7329
diegosifer@ibestvip.com.br.lubp@pop.com.br.cjcampos@ufpel.edu.br.

FERNANDES, D. S.; PINTO, L. B.; CAMPOS, C. R. J. Análise sinótica de um ciclone extratropical que atingiu a cidade de Pelotas - RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 697-703. (CD-ROM)

RESUMO
Um ciclone extratropical foi observado na costa do Rio Grande do Sul no dia 07/05/2004. Durante este evento ocorreram chuvas intensas que ocasionaram a pior enchente que a cidade de Pelotas sofreu em 30 anos, causando muitos transtornos para a população e, deixando muitos flagelados. No mês de maio para a cidade de Pelotas a precipitação normal é de 100,7 mm, sendo que durante a ocorrência do evento, em 24 horas foi registrado um total de precipitação maior do que 200 mm. O ciclone formou-se devido à intensificação em baixos níveis de um cavado, que estava localizado sobre o Paraguai, norte da Argentina e sul do Brasil, associado a forte convergência de ar quente e úmido que alimentou o sistema.
Palavras-chave: ciclone extratropical, enchentes, sistemas convectivos de mesoescala.

Abstract
A hurricane extratropical was observed in the coast of Rio Grande do Sul on the 07/05/2004. During this event they happened intense rains that caused the worst inundation than the city of Pelotas suffered in 30 years, causing many upset for the population and, leaving many flagellated. In the month of May for the city of Pelotas the normal precipitation is of 100,7 mm, and during the occurrence of the event, in 24 hours it was registered a total of larger precipitation than 200 mm. The hurricane was formed due to the intensification in low levels of a dug, that it was located on Paraguay, north of Argentina and south of Brazil, associated to strong convergence of hot and humid air that fed the system.
Key-words: hurricane extratropical, inundation, mesoscale convective systems.

1. INTRODUÇÃO

Os ciclones extratropicais são formados pela convergência de duas superfícies frontais: uma massa de ar quente e uma massa de ar frio. A massa de ar frio tende a se deslocar para a zona tropical e a frente quente a migrar para o pólo. O levantamento do ar quente provocado pela incursão de ar frio faz com que a pressão baixe na frente da zona fria. No HS o ar em torno de um ciclone gira no sentido horário. O ciclone extratropical se diferencia do ciclone tropical por se formar fora dos trópicos, sendo o centro da tempestade mais frio do que o ar que rodeia.

Um ciclone extratropical pode estar associado a vários fatores que promovem seu desenvolvimento, um destes fatores é o efeito topográfico. Na América do Sul a Cordilheira dos Andes, uma verdadeira parede orográfica, modifica notavelmente os sistemas de pressão provenientes do oceano Pacífico.

No Hemisfério Sul a maioria dos ciclones são formados na região compreendida entre 0º - 90º W e 10º - 55º S (Gan e Rao, 1991) onde o termo ciclone freqüentemente é utilizado para referi-se a sistema de circulação associado com áreas de baixa pressão.

Nesse estudo são analisadas as condições sinóticas associadas ao SCM que se formou no Paraguai e evoluiu a ciclone extratropical na costa do Rio Grande do Sul, entre os dias 04 e 08 de maio de 2004, causando chuvas intensas e abundantes, que ocasionaram grandes transtornos para a cidade de Pelotas.

A pior enchente que a cidade sofreu nos últimos 30 anos, mais de 50 mil pessoas em situação de risco, ficando a cidade sem acesso a alguns municípios, além de deixar a população sem água potável por 3 dias consecutivos devido a inundação das casas de máquinas que purificavam a água (Figuras 1-4).

A precipitação normal para o mês de maio para Pelotas é de 100,7 milímetros, sendo que em 24 horas a estação Agroclimatologica de Pelotas já havia registrado mais de 200 milímetros.

A barragem Santa Bárbara que estava a 1,74 metros abaixo do nível normal, em conseqüência da estiagem que atingiu a região por 3 meses, em algumas horas de precipitação já estava à 80 centímetros acima do nível normal. Mais de 800 pessoas desabrigadas. Com a cheia do Arroio Fragata, a força das águas derrubaram os postes que levavam energia para o município Capão do Leão-RS, causando também transtorno para a população desta cidade.

2. METODOLOGIA

Para o acompanhamento do ciclo de vida do ciclone extratropical, foram utilizadas as imagens realçadas do canal do Infra-Vermelho, do satélite GOES 12, de 30 em 30 minutos, e as análises do modelo regional ETA, das 00 e 12 UTC, ambos para os dias de 4 a 8 de maio de 2004.

Foram analisados no nível de 1000hPa, os campos de vento e pressão e divergência do vento e, em 925 hPa, os campos de vorticidade, temperatura, umidade e vento gerados pelo modelo ETA.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pela análise das imagens de satélite, pode-se observar que no dia 04/05 a 01:45 UTC (Figura 5) havia uma frente cobrindo a Bolívia, o Paraguai, o sul de Mato Grosso do Sul, São Paulo, norte do Paraná, leste de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Esta frente

deslocou-se lentamente para leste, em direção ao oceano Atlântico. No dia 06/05 as 03:45 UTC (Figura 6), associado a esta frente, observou-se a formação de um SCM, no oeste do Paraguai, que deslocou-se para leste, atingindo o sul do Brasil as 20:45 UTC (Figura 7). No dia 07/05, esse SCM atingiu seu máximo desenvolvimento, as 11:45 UTC (Figura 8), sobre o RS. As 15:45 UTC (Figura 9), o SCM junto com a frente, tomou a forma de vírgula invertida que abrangia a área da costa, deste o RJ até o RS, e a partir daí, deslocou-se para o oceano.

Pela análise do modelo ETA, a partir do dia 04/05 às 00 UTC, pode-se observar um cavado sobre o Paraguai, norte da Argentina e sul do Brasil e, na costa leste da Argentina, um centro de alta pressão, com núcleo fechado de aproximadamente 1035 hPa (Figura 10a). Associado a esse centro de alta e ao cavado, um jato em superfície, acompanhando a curvatura do cavado. O campo de divergência (Figura 10b) mostrou uma maior intensidade negativa no eixo do cavado, indicando convergência em baixos níveis, junto a núcleos de vorticidade ciclônica (Figura 10c), ao longo de toda a curvatura do cavado. Observou-se também ao longo do jato, um forte gradiente de temperatura (Figura 10d), e uma umidade relativa em torno de 90% (Figura 10e). Esse sistema se manteve durante os dias 05 e 06/05, com o deslocamento para leste, com uma intensificação no cavado e um enfraquecimento da alta.

A partir do dia 07/05 às 00 UTC, observou-se a formação de um núcleo fechado de baixa pressão de 1014 hPa, em aproximadamente 28°S 45°W (Figura 11a), associado a uma forte convergência do vento e vorticidade ciclônica (Figura 11b). Esse núcleo foi intensificando-se até que no dia 08/05 às 12 UTC, chegou a sua pressão mais baixa de 996 hPa (Figura 12), quando pudemos observar a forma característica do ciclone extratropical.

Como foi observado pela imagem de satélite, durante o desenvolvimento deste ciclone, formou-se um SCM que causou precipitação intensa no RS. Analisando o modelo ETA, observou-se, no horário de máximo desenvolvimento, as 12 UTC do dia 07/05, que esse sistema estava associado a um maior pronunciamento do cavado, a um jato em baixos níveis que trazia umidade do oceano (90%) (Figura 13). Na região do SCM, pode-se observar também, uma forte divergência negativa e vorticidade ciclônica, indicando uma forte convergência de ar quente e úmido que alimentava o sistema.

4. CONCLUSÃO

Pela análise das imagens de satélite e do modelo ETA, concluiu-se que a formação do ciclone extratropical deu-se devido à intensificação em baixos níveis de um cavado, que

levou a formação de um centro de baixa pressão, associado a forte convergência de ar quente e úmido e vorticidade ciclônica, e a um jato úmido que alimentaram o sistema. Detectou-se também que junto com a intensificação do cavado e um núcleo de convergência de ar úmido, tivemos a formação de um SCM que veio a atingir o RS causando sérios danos à população.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

GAN, M. A. e RAO, V. B., 1991.; **Surface Cyclogenesis over South America. Monthly Weather Review** ,vol.119 p. 1293-1302.

MOREIRA, I. A., DUQUIA, C. G., PRATES, J. E., QUADRO, M. L.; **Ciclone extratropical observado no sul do país entre os dias 28 e 29 de junho de 1999 - um estudo preliminar**. Anais: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro, 2000.

Figura 1 – Vista aérea da cidade.
Fonte: Chico Madrid

Figura 2 – Vista aérea da cidade.
Fonte: Chico Madrid

Figura 3 – Vista aérea da rodoviária.
Fonte: Chico Madrid

Figura 4 – Ruas alagadas da cidade.
Fonte: Chico Madrid

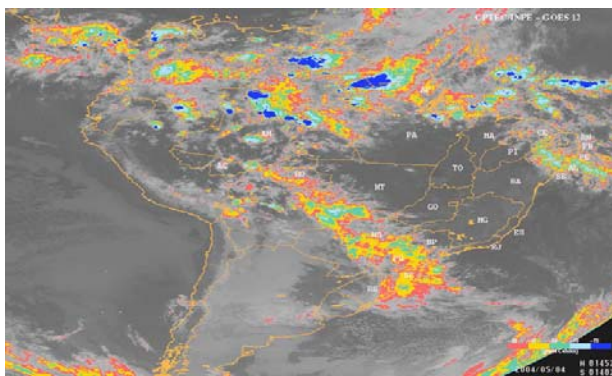



Figura 5 - Imagem realçada do canal IR do dia 04/05/2004.

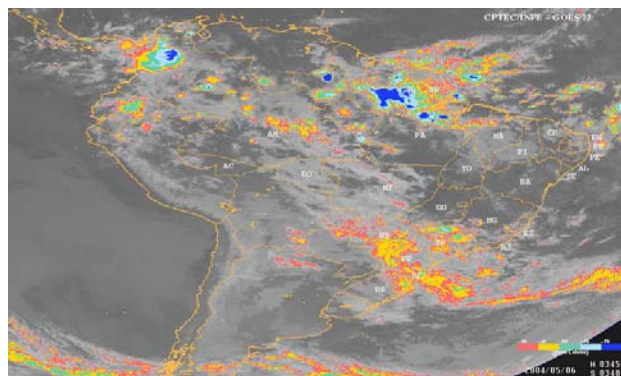



Figura 6 - Imagem realçada do canal IR do dia 06/05/2004.

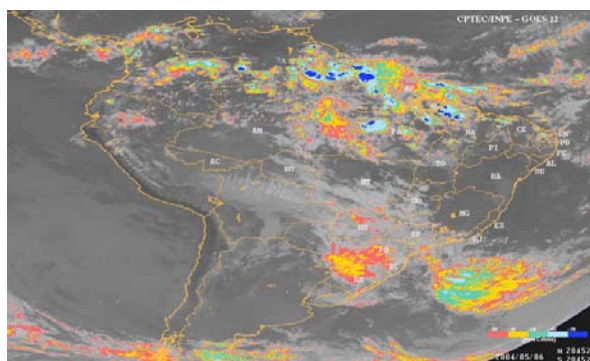



Figura 7 - Imagem realçada do canal IR do dia 06/05/2004, quando atingiu o RS.

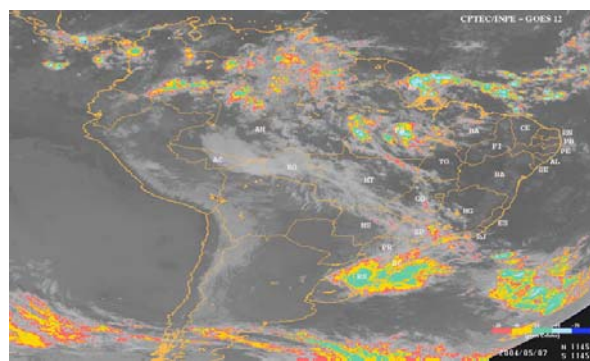



Figura 8 - Imagem realçada do canal IR, dia 07/05/2004, máximo desenvolvimento SCM.

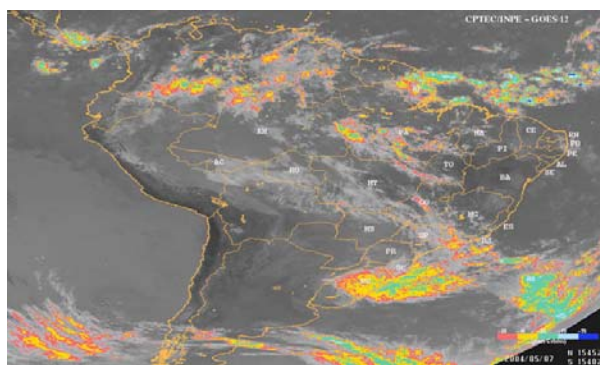



Figura – 9 Imagem realçada do canal IR do dia 06/05/2004, forma de virgula invertida.

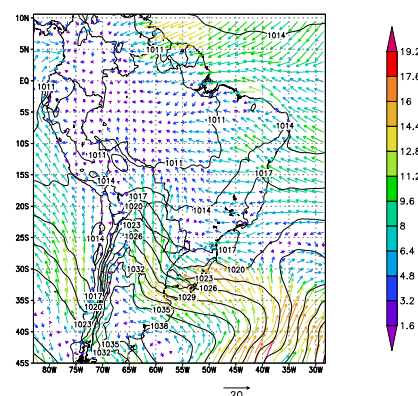
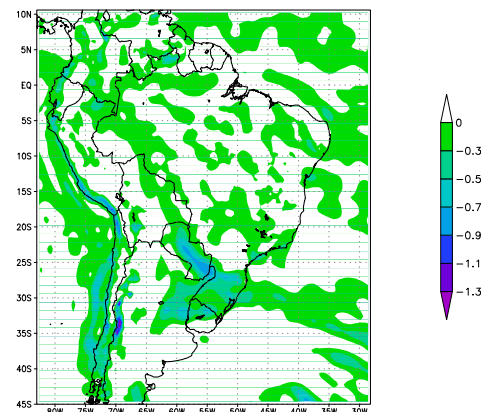
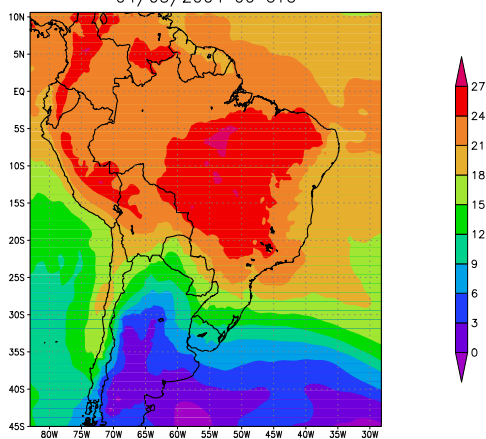
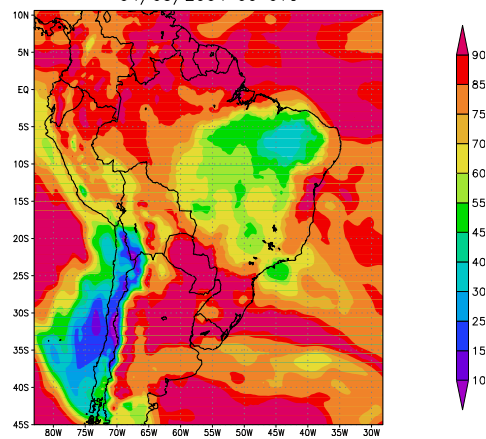
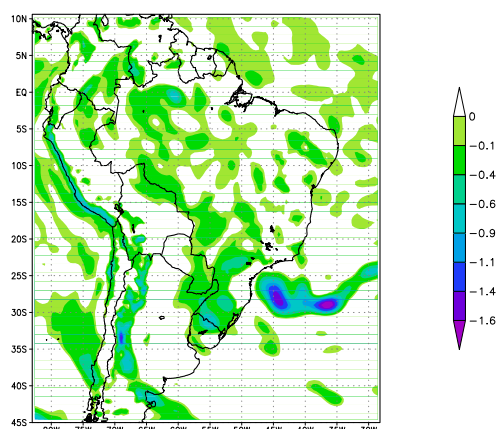



Figura 10a

Figura 10b

Figura 10c

Figura 10d

Figura 10e

Figura 11a

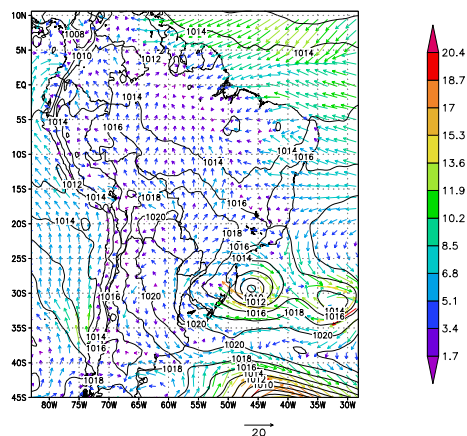



Figura 11b

Figura 12 – Pressão mais baixa.

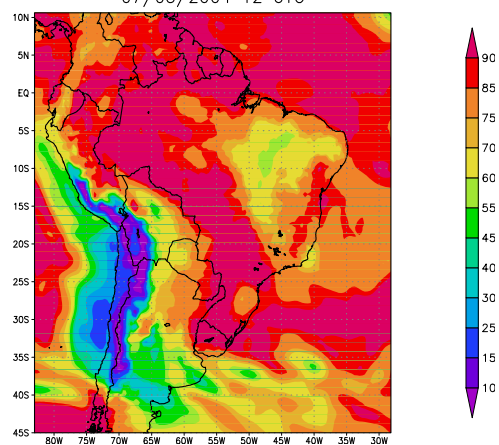



Figura 13

ESCORREGAMENTOS ASSOCIADOS AOS ALTOS ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS OCORRIDOS NO MÊS DE JANEIRO DE 2004 NA CIDADE DE VITÓRIA/ES

JAIME MESQUITA DE SOUZA[1]
RODOLFO MOREIRA DE CASTRO JÚNIOR[1]
ELTON SALAROLI GOMES[2]
TAISA SALVADOR CARONE[1]

[1]Fundação Ceciliano Abeu de Almeida/UFES/CT/
Laboratório de Topografia e Cartografia
[2]Prefeitura Municipal de Vitória
jaimesouza@ltc.ufes.br

SOUZA, J. M.; CASTRO JUNIOR, R. M.; GOMES, E. S.; CARONE, T. S. Escorregamentos associados aos altos índices pluviométricos ocorridos no mês de janeiro de 2004 na cidade de Vitória/ES. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 704-709. (CD-ROM)

RESUMO
A cidade de Vitória, capital do Espírito Santo, apresentou no último mês de janeiro grandes índices pluviométricos que desencadearam um volume incomum de ocorrências de escorregamentos. A quase totalidade de escorregamentos foi concentrada no inicio do mês de janeiro, entre os dias 3 e 6, onde registrou neste intervalo temporal 192,6 mm de chuva.Tais escorregamentos foram correlacionados com os índices pluviométricos acumulados até momento do evento. Serão discutidos os 4 maiores índices pluviométricos e ocorrências associadas. Estes dados fazem parte do Projeto Mapenco (Mapeamento Geológico-Geotécnico das Encostas do Município de Vitória).

Palavras–chave: escorregamentos, correlação entre pluviosidade e chuvas, geologia estrutural

ABSTRACT
The Vitória city, show in the last month of January a large volume of rain. This large volume of rain (192,6 mm between the days 3 and 6) disconnected several landslides. In the next years waiting volumes less significant to occurrence of the landslide.

Key-words: landslide, correlation between landslide and rain.

1. INTRODUÇÃO

No meio tropical brasileiro, é de conhecimento generalizado à vinculação dos escorregamentos à estação de chuvas e, dentro dela, a ocorrência de chuvas intensas. Durante o verão, as frentes frias que se originam na região polar antártica cruzam o Oceano Atlântico Sul, num ritmo cíclico de cerca de uma frente por semana. Ao se deparararem coma as massas de ar quente tropicais, ao longo da costa sudoeste brasileira, tais frentes geram fenômenos de instabilidade atmosférica intensos, consistindo em fortes chuvas e tempestades (**Guidicini & Nieble, 1976**).

A cidade de Vitória possui a estação chuvosa entre os meses de janeiro a abril e novembro a dezembro.(**Gráfico 1**).

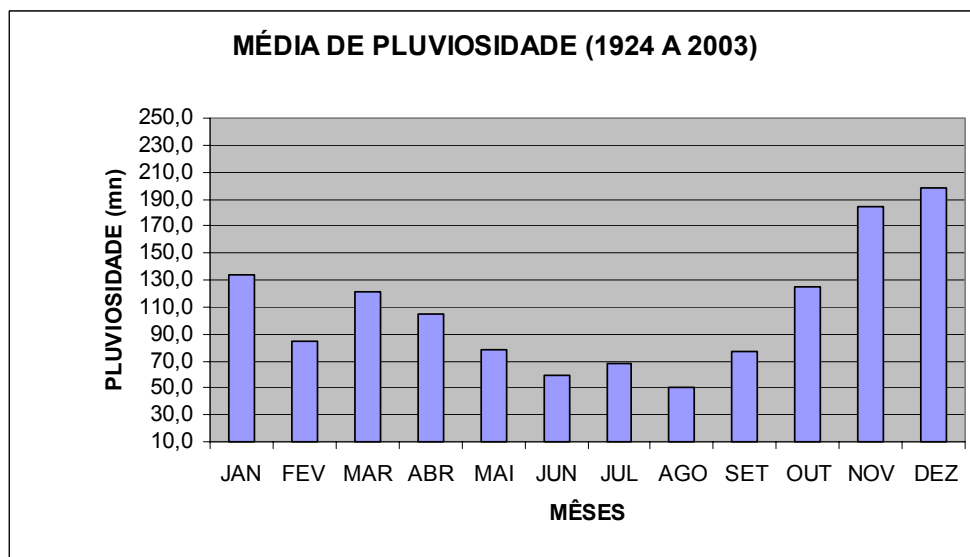



Gráfico 1 – Média mensal dos índices pluviométricos de 1924 até 2003.

Algumas ocorrências merecem destaque por se tratarem de feições estruturais e condicionantes geológicos comuns. Os movimentos de massa ocorridos na Escadaria Teodorico Góes, Rua Aristóteles Silva Santos, Rua Pedro de Lima do Rosário e Avenida Leitão da Silva apresentam material coluvionar, lixo e aterro aprisionado em talvegues. Estes pacotes de solos poucos espessos encontram-se principalmente encaixados em talvegues e em sopé da encostas (depósitos coluviais e de tálus). Os talvegues apresentam características diretamente ligadas à questão estrutural. Dois *trends* preferenciais governam as direções dos talvegues: NW/SE e NE/SW *trends* característicos do lineamento estrutural Vitória-Ecoporanga e da Faixa Ribeira, respectivamente.

2. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho serão utilizados dados pluviométricos coletados pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e cedidos pela INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural). Os dados foram plotados em planilhas Excel®, estabelecidas algumas relações estatísticas e confeccionados gráficos a título de ilustração.

De maneira a refinar os dados serão apresentados os índices pluviométricos acumulados até o dia do deslizamento.

Foi realizada pesquisa junto ao banco de dados do Projeto Mapenco para relacionar os movimentos de massa no mês de janeiros de 2004. Com as datas e locais colhidos coube relacioná-los com os últimos eventos pluviométricos. Através de consulta ao banco de dados pluviométricos da cidade de Vitória foi possível ter os volumes corretos do início da pluviosidade até a data do escorregamento. Foram relacionados 10 movimentos de massa, todos ocorridos entre os dias 5 e 16

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através dos gráficos observam-se alguns valores marcantes, que devem ser levados em consideração principalmente pela gama de dados pluviométricos compilados. Um dos casos é do Morro dos Macacos. Dentre os 80 anos de registros pluviométricos o mês de janeiro de 1985 foi o que registrou o maior índice pluviométrico. A chuva acumulada, isto é do inicio da precipitação até o dia do movimento de massa, foi de 214,4 mm, volume correspondente a 8 dias interruptos de chuva (entre os dias 8 e 15 de janeiro). O local onde ocorreu o acidente é um talvegue que abrigava diversos blocos. Este talvegue é uma falha de direção NE/SW, relacionada com a Faixa Ribeira. Um pequeno volume de solo foi mobilizado, porém o que condicionou os estragos e vitimou os residentes das moradias foi o fato de tais residências estarem no caminho preferencial de rolamento dos blocos, condicionada pela falha. Este foi um caso de pouca ou nenhuma interferência antrópica no meio.

Porém, com o avanço da ocupação nas encosta, espera-se que volumes menos expressivos desencadeiem movimentos de massa. As rochas graníticas, que representam quase a totalidade das rochas que compõem as encostas de Vitória, apresentam matacões e blocos oriundos do intemperismo e individualizados por influência do sistema de falhamento, caracterizam-se por formas arredondadas facilitando o seu rolamento.

No mês de janeiro de 2004, onde se registrou pluviosidade em 345,4 mm, registrou-se 10 ocorrências de movimentos de massa no período de 13 dias. Entre os dias 3 e 16 de janeiro, intervalo das ocorrências, a pluviosidade ficou em 307,7 mm.

Dentre os 4 maiores registros pluviométricos desde 1924 não ocorreu tal gama de movimentos de massa, em pontos diferentes (**tabela 1**).

Ano	Volume (mm)
1949	272,2
1994	275,4
1928	301,7
1924	304,2
1992	338,4
1935	339,4
2004	345,4
1961	348,8
1979	410,6
1985	471,5

Tabela 1 – Comparação entre outros os 10 janeiros mais chuvosos desde 1924.

Entre estes casos descritos é possível apresentar um mecanismo comum a todos, condicionado pela percolação de água no contato solo rocha. Abaixo segue tabela relacionando volume de chuva com locais e dias (**tabela 2**).

Local	Data	Pluviosidade acumulada(mm)
Escadaria Teodorico Góes	05/01/2004	192,6
Rua Aristóteles Silva Santos	05/01/2004	192,6
Curva do Saldanha	06/01/2004	202,8
Escadaria Alice Maciel	07/01/2004	205,3
Rua Waldir Meireles	08/01/2004	213,3
Escadaria Botafogo	08/01/2004	213,3
Rua Domingos Carneiro	13/01/2004	285,8
Escadaria Ilma de Deus	13/01/2004	285,8
Rua Pedro de Lima do Rosário	14/01/2004	294,4
Avenida Leitão da Silva	16/01/2004	307,7

Tabela 2 – Relações entre locais onde ocorreram acidentes em talvegues com volume e tempo decorrido da meteorização.

Quando correlacionamos os quatro maiores eventos pluviométricos do mês de janeiro desde 1924, conseguem-se três registros significativos: as duas ocorrências de 1979, o movimento de massa de 1985, no Morro dos Macacos, que se estima ter resultado na

morte de 36 pessoas e as diversas ocorrências de 2004 (**Salaroli, 2003**). A pesquisa referente aos anos de 1979 e 1961 foram realizadas nos jornais da época. Não sendo encontrado nenhum registro no mês de janeiro do ano de 1961. No ano de 1979 foram registradas 5 ocorrências.

4. CONCLUSÃO

A pequena cobertura de solo poderia indicar possibilidades menores a movimentos de massa, quando se fala de condicionantes antrópicos. Esta afirmação é baseada no fato que modificações em maciços rochosos tornam-se mais difíceis pela população, a ponto de ser o estopim para deflagração de alguma movimentação. Pode-se verificar que das 10 ocorrências relatadas 4 ocorreram em talvegues ocupados por material coluvial, com menor volume, enquanto que o volume mais significativo é representado por lixo e aterro, proveniente dos moradores a montante do talvegue. Tal informação requer um estudo mais minucioso na identificação de feições estruturais que possibilitem o aprisionamento de material coluvionar, lixo, e aterro.

A falta de informações de acidentes causados em 1961 pode ser um sintoma da não ocupação das encostas da cidade de Vitória. Muitos destes movimentos podem ter ocorrido, porém sem causar danos. **Salaroli, 2003** cita a intensificação da ocupação das encostas a partir de 1960.

Espera-se que montantes pluviométricos menos expressivos que o relatados neste trabalho possam causar maiores estragos e conseqüentemente ceifar mais vidas. Esta afirmação tem por base as modificações antrópicas em locais que apresentam predisposição a deslizamentos, diminuindo o volume de chuva necessário a desencadear movimentos de massa. Dentre os locais podem ser citados os talvegues, que os próprios moradores os "preenchem" com lixo orgânico e aterro.

Um trabalho preventivo é de grande valia com enfoque na precipitação, tanto no tocante na correlação dos dados pluviométricos com os escorregamentos como na disponibilizarão de tais dados para os órgãos de influência direta no socorro como na retirada de pessoas, de locais que apresentam histórico recente de movimentos de massa.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GUIDICINI, G & NIEBLE, C. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1976.

SALAROLI, Iramaya. Sepulcri. **Movimentos de Massa no Município de Vitória-ES: Inventario, Caracterização e indicativos de um Modelo Comportamental**. 2003. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS ANTROPOGÊNICAS NO SUDESTE DA AMÉRICA DO SUL

REINALDO HAAS[1]

[1]Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Universitário - Trindade –
Florianópolis/SC - CEP 88040-970
haas@ens.ufsc.br

HAAS, R. Mudanças climáticas antropogênicas no sudeste da América do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.710-718. (CD-ROM)

RESUMO
Neste trabalho, é feita uma revisão crítica de artigos sobre o aquecimento global. A ênfase é dada sobre o sudeste da América do Sul. Os artigos analisados baseiam-se em modelos de circulação geral da atmosfera (GCM) em uma atmosfera com o dobro de CO2, na análise de dados de freqüência e intensidade dos ciclones extra-tropicais e em dados de temperatura na superfície. Os artigos mostram uma diminuição da freqüência dos ciclones extra-tropicais de fraca e média intensidade em ambos hemisférios, em função da diminuição jato subtropical, associado à diminuição do gradiente de temperatura polo-equador. Assim, este fato pode provocar uma diminuição da precipitação associadas a sistemas frontais. Contudo, a freqüência do ciclones extra-tropicais mais intensos pode ser aumentada em alguns locais, em função da liberação de calor, em uma atmosfera com maior quantidade de umidade. Os estudos observationais mostram pequenas mudanças da freqüência dos cyclones extra-tropicais no hemisfério sul, mas não no HN. Entretanto, os estudos sobre a temperatura de superfície mostram o oposto. Talvez os dados da temperatura do hemisfério sul sejam insuficientes. Neste contexto, a hipótese que o furacão Catarina a seja um sinal das mudanças globais é analisado.
Palavras-chave: mudanças climáticas antropogênicas; sudeste da américa sul, modelos de circulação geral, ciclones extra-tropicais, climatologia da precipitação.

ABSTRACT
In this work, we have done a critical review of some articles about global warming, with emphasis on the southeast of the South America. These works have been done with the use of general circulation models (GCM), in an atmosphere with CO2 doubled, analysis of frequency of extra-tropical cyclones and surface temperature data. The articles show that the weak and mean intensity extra-tropical cyclone frequency can decrease in both hemisphere, due to reduction of the subtropical jet associate to the reduction of the pole-equator temperature gradiente. Thus, this decrease can causing a decrease of frontal's precipitations. But, the frequency of more intense extra-tropical cyclones can increased over some regions, due the latente heat release in an atmosphere with more humidity. The observational studies shows a signal on the cyclones frequency over the south hemisphere (SH), but not in the NH. However, studies about surface temperature shows the opposite. Perhaps the temperature data of the south hemisphere are insufficient. In this context, the hypothesis that the hurricane Catarina to be a signal of the global changes is analyzed.
Key-words: anthropogenic climatic changes, southeast of the south america, general circulation models, extra-tropical cyclones, precipitation climatology.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas globais têm sido uma das grandes preocupação dos governos mundiais na atualidade. Isto levou a ONU a instituir o IPCC ou o Painel Intergovernamental para Mudanças climáticas [IPCC-1]. O IPCC reune um grupo de renomados cientistas cujo objetivo é assessorar as ações de mitigação dos efeitos decorrentes do aquecimento global. Para fazer suas projeções o IPCC usa vários modelos climáticos e dados provenientes de estações meteorológicas em todo o mundo.

Apesar de haver certas dúvidas sobre os resultados dos modelos climáticos usados e, mesmo, da qualidade dos dados climáticos, há um consenso, de que os efeitos da elevação na concentração de CO2 e de outros gases de efeito estufa, deva ser sentida nas próximas décadas [IPCC-1]. Contudo, não está claro qual será a intensidade deste aquecimento, nem o período de tempo na qual esta mudanças irão se processar, nem está claro quais os efeitos regionais destas mudanças [IPCC-1]. No caso particular do Sudeste da América do Sul, existem preocupações com relação a mudança no regime de chuvas, o qual é fortemente afetada pelos fenômenos globais como [Grimm et al, 2000].

Além disto, o surgimento do Fenômeno Catarina com características de Furação, tem sido apontado por alguns pesquisadores ligados ao IPCC como uma possível manifestação das mudanças climáticas globais. Porém, é possível que este evento esteja ligado a variabilidade natural.

Assim, neste trabalho, é efetuada uma breve revisão critica de alguns trabalhos sobre mudanças aquecimento global relacionados com o tema. Procura-se discutir sobre as mudanças climáticas previstas para o sudeste da América do Sul, com foco na dinâmica dos ciclones extra-tropicais. Neste contexto, são discutido se o fenômeno Catarina e os vários ciclones extra-tropicais muito intensos, ocorridos em 2004, se enquadram no cenário previsto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nos itens a seguir, é efetuado uma revisão de artigos usados nas análises do IPCC [IPCC-1], relacionados mudanças no regime climático previsto e observados. O foco, na medida do possível, é dado sobre a região sudeste da América do Sul, buscando responder as questões apresentadas no item anterior.

2.1 Análises da tendência da temperatura em superfície.

Estudos sobre mudanças globais, baseados em dados de estações meteorológicas, têm sidos feitos nos últimos anos [Hansen et al, 1999, Jones et al 1998]. Estes estudos são baseados, principalmente, em um conjunto de dados chamados GHCN - 'Global Historical Climatology Network', que compreende 6039 estações climáticas ao redor do globo, com dados de 1880 a 2004. Além dos dados de temperatura média diária, no GHCN existem os valores diários de temperatura maxima e mínimo, precipitação acumulada, pressão reduzida ao nível do mar, direção e velocidade do vento. Pela natureza destes dados, existem alguns problemas, como por exemplo, o surgimento de ilhas de calor associadas ao crescimento das cidades [Hansen et al, 1999]. Estes dados, frequentemente, apresentam

descontinuidades temporal, além de uma enorme heterogeneidade espacial das estações sobre o globo. De um modo geral, há um pequeno número estações nas nações mais pobres e quase nenhuma sobre os oceanos. Deste modo, várias metodologias devem ser usadas para tentar contornar estes problemas. Assim, com o uso de metodologias distintas os resultados podem ser ligeiramente diferentes [Hansen et al, 1996].

Porém verifica-se que, de uma maneira geral, todos os estudos revisado [Hansen et al, 1996, 1999 e 2001 e Jones et al 1998] apontam um aquecimento mais acentuado no Hemisfério Norte (HN). Sendo que o aquecimento tem sido mais intenso nas regiões polares continentais como a Sibéria e Norte do Canadá e no Alasca. Sazonalmente, estes trabalhos mostram que o inverno do HN é o mês que apresenta as maiores anomalias.

Para o Hemisfério Sul (HS), estes estudos não aparecem anomalias de temperatura tão relevantes quanto as do HN. Contudo, observa-se que nos dados do GHCN existem 1051 estações no HS, sendo que 501 estão sobre a Austrália. Na América do Sul e Antártida, existem apenas 304 estações, sendo que destas, 187 são consideradas estações urbanas com problemas de ilha de calor. Isto sen contar que a maior parte delas não tem dados anteriores a 1950. Assim, talvez a precariedade dos dados mascare algum sinal do comportamento da temperatura no HS.

2.2 Comportamento dos ciclones extra-tropicais

Um modo alternativo de avaliar as mudanças climáticas é analisar o comportamento dos ciclones extra-tropicais. A formação dos ciclones extra-tropicais está relacionado com a instabilidade baroclínica, que dependo do cisalhamento vertical do vento, ou seja, da presença da corrente de jato. Segundo a equação do vento térmico (Holton, J.R. 1992), a corrente de jato é proporcional ao gradiente de temperatura norte sul. Assim, supondo que o aquecimento global deva ser mais intenso nos polos, deverá haver uma diminuição do gradiente de temperatura entre os pólos-equador. Como conseqüência direta do gradiente menor, o jato subtropical deve ficar menos intenso e a atmosfera deverá ter ser menos baroclínica. Portanto, haveria uma diminuição da intensidade dos ciclones extra-tropicais, bem como das frentes frias associadas.

Contudo, estas afirmações acima são baseadas em um modelo conceitual simples e análises mais sofisticadas devem ser efetuadas para entender o que pode ocorrer. Uma das ferramentas que podem ser usadas são os Modelos de Circulação Geral da Atmosfera (GCM).

2.2.1 Modelos de circulação geral da atmosfera

Os Modelos de Circulação Geral da Atmosfera são a ferramenta poderosa para tentar entender o comportamento da atmosfera e oceanos num cenário de aquecimento global. Eles são baseados em equações físicas que tentam descrever o que ocorre na atmosfera e nos oceanos. Eles permitem prever o regime climático em vários cenários de aquecimento global.

Contudo, devido a limitações computacionais e a complexidade do sistema climático global, estes modelos ainda apresentam problemas que podem influenciar os resultados obtidos. Um dos principais problemas encontrados é a baixa resolução espacial [Sinclair e Watterson, 1999]. Assim, os GCM's não conseguem simular explicitamente os fenômenos de pequenas dimensões espaciais como, por exemplo, as chuvas convectivas, que tem grande importância no sistema climático global. Deste modo, os GCM's usam várias formulações para descrever estes fenômenos de menor escala, com resultados, frequentemente, diferentes.

Os ciclones extra-tropicais têm dimensões espaciais e temporais apropriadas as resolução de um GCM's típico. Assim, os resultados dos GCM's podem dar indicações relativamente confiáveis sobre a evolução do sistema climático global, referente dinâmica dos ciclones extra-tropicais.

Vários estudos, baseados em simulações de GCM's, tem mostrado que sob num cenário de aquecimento global, os ciclones extra-tropicais devem ser mais fracos e menos freqüentes, conforme sugerido por modelos conceituais. Por exemplo, Hall et al. 1994, Sinclair e Watterson 1999, Zhang e Wang 1997, Carnell and Senior, 1998, Knippertz et al. 2000. Estes autores apontam a diminuição da baroclinia da baixa atmosfera como o responsável por este efeito.

Contudo, em algumas regiões, os resultados de GCM's indicam a possibilidade de aumento de atividade dos ciclones extra-tropicais. Por exemplo, Hall et al. (1994) mostram uma diminuição do potencial do ciclones sobre o globo, mas com um aumento sobre a Europa, na extremidade leste do caminho de tempestade ('Storm Track') do Atlântico. Neste mesmo sentido, Schubert et al. (1998) mostram o aumento da atividade dos vórtices em 500 hPa sobre o Atlântico Norte e no Oeste da Europe, devido ao aumento baroclinia em média troposfera.

Além disto, os ciclones extra-tropicais mais intensos podem ficar mais frequentes no HS [Sinclair e Watterson, 1999], bem como no HN [Carnell and Senior 1998]. Neste caso, os ciclones extra-tropicais mais intensos seriam mais frequentes devido a maior liberação de calor latente. Isto seria esperado em uma atmosfera mais quente e com maior

capacidade de suportar a umidade.

Muito embora em Sinclair e Watterson (1999) não e feita nenhuma consideração regional, sobre o sudeste da América do Sul, a dinâmica das ciclogêneses está intimamente relacionada a umidade presente, transportada do Oceano Atlântico pelos ventos norte/nordeste [Seluchi e Saulo, 1998; Sinclair, 1995; Saraiva, 1996]. Assim, é possível inferir um aumento na frequência dos ciclones extra-tropicais mais intensos sobre esta região. Este tipo de fenômeno, normalmente, afeta o Oceano Atlântico e o Litoral da região sudeste da América do Sul.

Por outro lado, o jato subtropical desempenha um papel existencial na intensificação da precipitação da região sudeste da América do Sul [Grimm et al, 2001]. Se ele estiver menos intenso, então tanto a intensidade e freqüência dos eventos da precipitação associada a sistemas frontais pode ser reduzida. Isto significa a princípio a redução na precipitação anual dado que os sistemas frontais são responsáveis pela maior parte da precipitação na região sudeste da América do Sul.

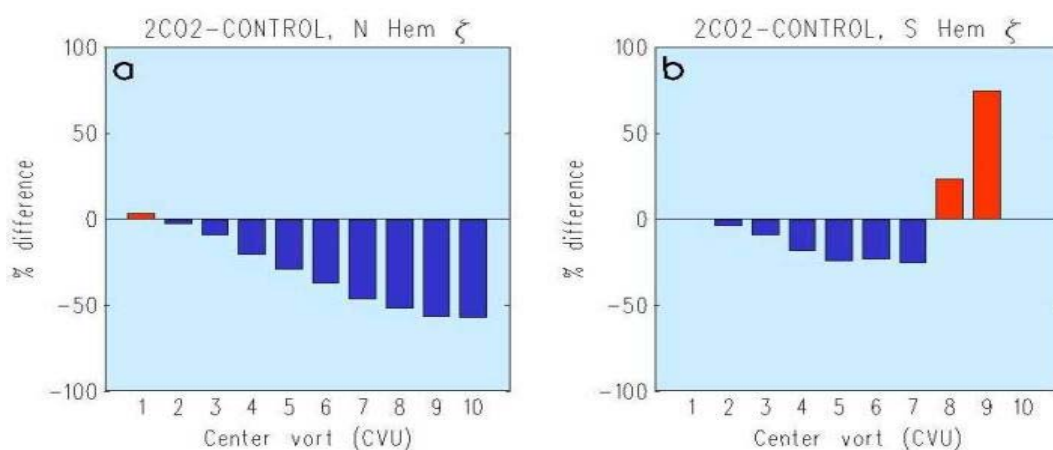



Figura 1- Freqüência prevista dos ciclones extra-tropicais em relação a intensidade (vorticidade central) nos hemisfério norte (esquerda) e sul (direita) (extraído de Sinclair e Watterson, 1999). É mostrado uma tendência de aumento dos ciclones mais intensos no HS. Contudo o mesmo não é previsto para o HN.

Ultimamente, o surgimento de computadores mais potentes tem tornado possível o aumento da resolução espacial dos GCM's. Assim, tem sido possível a investigação de fenômenos de escala menor que ciclones extra-tropicais. Neste contexto, merece referência os resultados do GCM HadCM3 do Met Office, cujo o objetivo foi simular a gênese de tempestade tropicais num ambiente com o dobro de CO2 (ver figura 2). Estes resultados mostram a região onde se desenvolveu o furacão Catarina, com uma área provável de formação de ciclones tropicais.

Muito embora o furação Catarina e os vários eventos de ciclogênese muito forte

verificados nos verão de 2004, possam ser resultado da variação natural da atmosfera, não deixa de inquietante que o cenário observado é muito próximo daquele previsto pelos GCM's numa atmosfera com aumento de CO2.

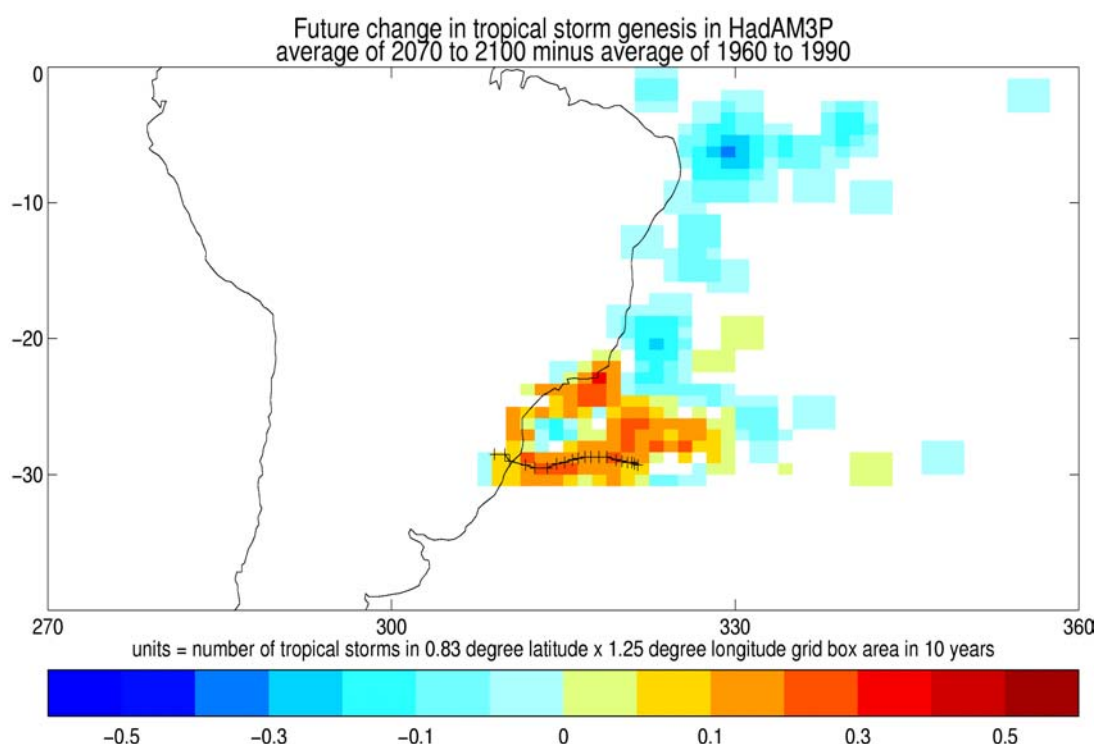



Figura 2 – Resultado do modelo HadAM3P do "Met Office Hadley Centre for Climate Prediction and Research", mostrando quase que realisticamente a região que se formou o furacão Catarina como sendo uma área para gênese de ciclones tropicais [Met Office 2] .

Além destes fenômenos, havia uma seca no interior da região, causada pela pequena intensidade das frentes frias que passaram na região. Este fato se coaduna perfeitamente na hipótese de aquecimento global pela diminuição do gradiente de temperatura norte-sul e reforça o argumentação de que estes fenômenos possam ser uma dos primeiros sinais de mudanças globais.

É interessante notar que havia uma anomalia de temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico Sul na costa Argentina durante todo o verão de 2004 (cf. Figura 3). Esta anomalia deve ter diminuído a baroclinia na região sudeste da América do Sul. Isto pode ter ocasionado o enfraquecimento dos sistemas frontais e resultado na seca existente no interior do continente. Contudo, resta saber se ela é produto da variabilidade natural ou resultado das mudanças globais.

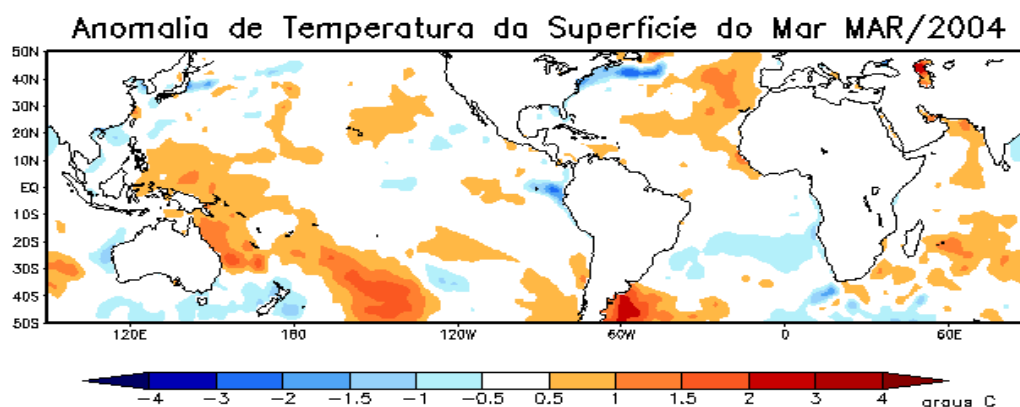



Figura 3 - Anomalia de temperatura na superfície do mar em março de 2004 (extraído de CPTEC-2004).

2.2.2 Estudo Observacionais da Freqüência do Ciclones Extra-tropicais

Sinclair (1997) mostrou que para o HN a freqüência do ciclones extra-tropicais, de todas as intensidades, entre 1950 a 1997, tem apresentado uma pequena redução na sua freqüência. Já Key and Chan (1999) concluir que há uma pequena redução na freqüência dos ciclones de pequena e de média intensidade, porém elas observaram um pequeno aumento na freqüência dos ciclones extra-tropicais mais intensos.

Para o HS, Sinclair (1997) verificou uma redução na freqüência dos ciclones de pequena e de média intensidade; porem observou um pequeno aumento (10%) na freqüência dos ciclones extra-tropicais mais intensos [Sinclair, 1997]. Segundo Sinclair (1997) este aumento nos ciclones mais intensos no HS, talvez possa ser decorrente da maior quantidade de fenômenos El Niño de 1975 a 1990 relativamente ao período 1950 a 1974. Segundo Sinclair (1997), o El Nino promove uma intensificação da densidade de ciclones, ao intensificar o jato Subtropical. Contraditoriamente, contudo, Sinclair (1997) verificou que ocorreu um aumento de ciclones mais intensos em períodos de La Niña.

3. CONCLUSÕES

Neste artigo, foi efetuada uma revisão crítica de estudos sobre mudanças climáticas, ocasionadas pelo aumento do CO2. A ênfase foi dada sobre as mudanças na dinâmica dos ciclones extra-tropicais na região sudeste da América do Sul.

Foi verificado que os quase todos os estudos sobre GCM's prevêem uma diminuição na intensidade do jato subtropical devido a diminuição do gradiente de temperatura polo-equador. Com o jato subtropical menos intenso deverá haver menos baroclinia, conseqüentemente diminuindo a intensidade e a freqüência dos ciclones extra-tropicais. Isto deverá ocasionar uma diminuição da precipitação organizada por sistemas frontais. Porém, é possível que ocorra um aumento na freqüência dos ciclones extra-

tropicais mais intensos, principalmente, no Litoral da região e sobre o Oceano Atlântico, onde deverá existir maior quantidade de umidade.

Os estudos baseados em observações de ciclones extra-tropicais, no HS, desde 1950, mostram uma pequena diminuição na frequência dos eventos de pequena e de média intensidade. Mostram, também, um pequeno aumento na freqüência dos ciclones extra-tropicais mais intensos, inclusive em anos de La Niña.

Apesar disto, os estudos de aquecimento em superfície atual, baseado em dados de estações climáticas de superfície, não evidenciam grandes mudanças no HS. Possivelmente a baixa qualidade e número muito pequenos número de estações usadas no HS, possa explicar esta possível contradição.

Observa-se que embora o furação Catarina, e os outros ciclones extra-tropicais fortes ocorridos no verão de 2004 na região, possam serem explicados dentro da variabilidade natural, não deixa de chamar a atenção que este comportamento climático se parece com o cenário previsto pelos estudos sobre aumento do CO_2. Assim, a hipótese de que estes eventos possam ser resultado de mudanças climáticas sobre o Sudeste da América do Sul, tem um algum suporte teórico e observacional.

A existência de uma forte anomalia da temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico próximo a Argentina pode ajudar a estes fenômenos. Porém, não se sabe se esta anomalia é resultado da variabilidade natural ou um sinal das mudanças globais.

Assim, mais estudos deverão ser efetuados para corroborar estas hipóteses. Sugere-se a necessidade de ampliação do número de estações de superfície na América do Sul, nos estudos sobre temperatura da superfície; além de realização de estudos com o uso de GCM's sobre dinâmica dos ciclones extra-tropicais mais fortes sobre o sudeste da na América do Sul.

4. REFERÊNCIAS

Carnell, R.E. and C.A. Senior, 1998. **Changes in mid-latitude variability due to increasing greenhouse gases and sulphate aerosols.** Clim. Dyn., 14, 369-383.

Grimm, La. M., V. R. Barros y M. Y. Doyle, 2000 **Climate variability in Southern South America asociated with El Niño and La Niña events.** J. Climate, 13, 35-58.

Hall, N.M.J., B.J. Hoskins, P.J. Valdes, and C.A. Senior. 1994 **Storm tracks in a high resolution GCM with doubled CO_2**. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 120, 1209-1230.

Hansen, J., R. Ruedy, Mki. Sato, and R. Reynolds 1996. **Global surface air temperature in 1995 Return to pre-Pinatubo level.** Geophys. Res. Lett. 23, 1665-1668.

Hansen J, Ruedy R, Glascoe, J, Sato, M, (1999) **GISS analysis of surface temperature change** J. Geophys. Res. 104 30997-31022.

Hayden, B.P., 1999 **Climate change and extratropical storminess in the United States An assessment.** Journal of the America Water Resources Association, 35, 1387-1397.

IPCC1- **Climate Change 2001 Synthesis Report** http//www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4/ english/index.htm) visitado em 02/07/2004

Jones P., Folland C.K. & Parker D.E. 1998 **Temperature and precipitation - record warmth Chapter 3 of the The global climate system review**. December 1993-May 1996 WMO No. 856, pp22-33

Key, J.R., and A.C.K. Chan, 1999 **Multidecadal global and regional trends in 1000 mb and 500 mb cyclone frequencies**. Geophysical Research Letters, 26, 2053-2056.

Knippertz, P., Ulbrich, U. and Sperth, P., 2000: **Changing cyclones and surface wind speeds over the North Atlantic and Europe in a transient GHG experiment.** Climate Res., 15, 109-122.

Met Office 1.- **Results of Hadley Center coupled atmosphere-ocean general circulation model HadCM3**, (http //www.met-office.gov.uk/research/hadleycentre/models/modeldata.html), visitado em 03/07/2004.

Met Office 2 **Catarina climate change signal**? (http //www.met-office.gov.uk/sec2/ sec2cyclone/catarina.html).visitado em 03/07/2004.

Schubert, M., J. Perlwitz, R. Blender, K. Fraedrich and F. Lunkeit, 1998: **North Atlantic cyclones in CO_2-induced warm climate simulations: frequency, intensity, and tracks**. Clim. Dyn., 14, 827-837.

Sinclair, M.R., 1994 **An objective cyclone climatology for the Southern Hemisphere. Monthly Weather Review**, 122, 2239-2256.

Sinclair, M.R., 1995 **A climatology of cyclogenesis for the Southern Hemisphere. Monthly Weather Review.** 123, 1601-1619.

Sinclair, M.R., 1996 **An extended climatology of extratropical cyclones over the Southern Hemisphere**. Weather and Climate, 15, 21-32.

Sinclair, M.R., and I.G. Watterson, 1999 **Objective assessment of extratropical weather systems in simulated climates**. Journal of Climate, 12, 3467-3485.

Sinclair, M.R., J.A. Renwick, and J.W. Kidson, 1997 **Intraseasonal variability of MSL pressure, cyclone and anticyclone tracks in the Southern Hemisphere.** Monthly Weather Review, 125, 2531-2543.

Zhang, Y., and W.-C. Wang, 1997 **Model-simulated northern winter cyclone and anticyclone activity under a greenhouse warming scenario.** Journal of Climate, 10, 1616-1634.

ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS NAS COMUNIDADES CATARINENSES MAIS ATINGIDAS PELO CICLONE CATARINA

ISABELA PENA VIANA DE OLIVEIRA MARCELINO[1]
SILVIA MIDORI SAITO[1]
EMERSON VIEIRA MARCELINO[1]
ROBERTO FABRIS GOERL[1]
GUSTAVO SOUTO FONTES MOLLERI[1]

[1]GEDN – Grupo de Estudos de Desastres Naturais
Departamento de Geociências
Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa Postal 476 - 88.040-900 – Florianópolis-SC, Brasil
gedn@grupos.com.br

MARCELINO, I. P. V. O.; SAITO, S. M.; MARCELINO, E. V.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; Análise dos questionários aplicados nas comunidades catarinenses mais atingidas pelo Ciclone Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.719-733. (CD-ROM)

RESUMO
A passagem do ciclone Catarina na região sul do Estado de Santa Catarina provocou elevados prejuízos sócio-econômicos. O presente artigo tem como objetivo analisar os questionários aplicados nas comunidades mais atingidas pelo ciclone Catarina, enfocando o perfil dos entrevistados, as características das moradias e a percepção sobre o fenômeno. Para isso foram aplicados 161 questionários nos 15 municípios mais atingidos pelo fenômeno, contendo perguntas objetivas e subjetivas. As comunidades mais afetadas eram de baixa renda e os tipos de danos mais freqüentes foram os destelhamentos e destruição dos telhados. Nas áreas rurais, os tipos de cultivos mais afetados foram às plantações de bananas, de arroz e de milho. Os municípios mais afetados foram os localizados no litoral. Quanto à percepção dos moradores em relação à passagem do fenômeno, houve um consenso quanto à presença de chuvas intensas, de longa duração e acompanhadas por fortes ventos. A intensidade dos ventos diminuiu do litoral para o interior da planície costeira e o período de duração dos ventos mais fortes foi de 00:00 a 05:00h da manhã de domingo (28/03/2004).
Palavras-chave: percepção, ciclone, Santa Catarina.

ANALYSIS OF THE QUESTIONNAIRES APPLIED IN COMMUNITIES CATARINENSES MORE AFFECTED BY THE CYCLONE CATHERINE

ABSTRACT
The passage of the cyclone Catarina in the southern Santa Catarina State caused high socio-economic damages. The objective of the current study is to analyze the questionnaires applied to the communities, hit by Catarina, focusing the profile of the residents, the nature of the residences and the perception about the phenomenon. One hundred and sixty one questionnaires with objective and subjective questions were applied to the residents of the 15 cities most damaged by the storm. The communities truly affected were characterized by low-income wages and the most frequent damages were the roofs collapse and failure. At rural area the major damage was related to corn, rice, and banana cultures. The cities most significantly affected were located along the coast. Regarding the inhabitant's perception there was a consensus in relation to a long duration heavy rainfall occurrence accompanied by strong winds. Also the intensity of the winds decreased inland from the coast and the prevailing strongest winds last from 00:00 to 05:00h on March 28th 2004. (March 28th 2004).
Keywords: perception, cyclone, Santa Catarina State.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente diversos estudos têm apontado para a uma maior freqüência e intensidade de fenômenos atmosféricos extremos que podem desencadear desastres

naturais (Houghton, 1997; White e Etkin, 1997; Alcântara-Ayala, 2002; UNDP, 2004). Segundo Landsea et al. (1999), o aquecimento da temperatura da superfície do mar (TSM), devido às mudanças climáticas globais, poderá aumentar ainda mais a intensidade e freqüência de furacões, tufões e ciclones tropicais severos em todo o mundo. Além disso, Walsh e Pittock (1998) comentam que, o efeito generalizado do aumento da TSM também poderá interferir no tempo de vida das tempestades em latitudes mais altas, contribuindo para o aumento do período de duração das mesmas. Conseqüentemente, diante destas projeções, torna-se necessário intensificar os estudos e monitoramentos de tempestades severas para estas regiões do globo.

No Brasil, a região sul é uma das que mais sofre anualmente com os fenômenos atmosféricos extremos que resultam em desastres. O Estado de Santa Catarina, localizado próximo às latitudes médias, destaca-se dos demais, em virtude dos freqüentes episódios de precipitações extremas, estiagem, vendavais, granizo e, ocasionalmente, tornados (Herrmann, 2001; Oliveira, 2000).

A ocorrência de um fenômeno atmosférico atípico, em 28 de março de 2004, que atingiu diversos municípios da região sul catarinense, conhecido como ciclone Catarina, causou sérios danos sócio-econômicos e ambientais. A definição do fenômeno tem sido alvo de grande discussão no meio científico, uma vez que este se originou a partir de um ciclone extratropical e, ao atingir a costa catarinense, apresentou características semelhantes à de um furacão (ciclone tropical). Desta forma, muitos pesquisadores preferem defini-lo como um fenômeno híbrido, até que se concluam estudos mais aprofundados sobre o mesmo.

Independentemente da tipologia, é fato que, ao atingir a costa catarinense, o mesmo causou prejuízos consideráveis, principalmente devido aos fortes e constantes ventos. Ressalta-se que um fenômeno natural extremo só desencadeará um desastre natural quando atingir uma região habitada causando sérios danos e prejuízos sócio-econômicos. Pois, de acordo com Alexander (1995), associado à definição do tipo de desastre natural, está a necessidade de caracterização do agente geofísico, número de mortes, custo dos danos e impacto sobre o sistema social. São estes pressupostos que possibilitam fazer uma correta distinção entre um evento natural e um desastre natural.

Assim, analisar os danos sócio-econômicos das áreas afetadas por fenômenos atmosféricos extremos é de suma importância para que se obtenha um conhecimento mais amplo da tipologia e intensidade do fenômeno, como também das respostas das comunidades e órgãos assistenciais aos impactos gerados pelos mesmos. Além do que, a

percepção do fenômeno pelas comunidades afetadas auxilia diretamente na elaboração e construção de planos de prevenção e mitigação para ocorrências futuras de eventos naturais extremos (Gold, 1980).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar os questionários aplicados nas comunidades mais atingidas pelo ciclone Catarina enfocando os tipos de danos e a percepção dos moradores sobre o fenômeno.

2. METODOLOGIA

A utilização de entrevistas para o levantamento dos impactos sócio-econômicos frente a um desastre natural é uma prática comum na geografia, principalmente na linha de percepção ambiental (Gold, 1980). Cabral (1999) enfatiza que a percepção condiciona-se a fatores próprios do indivíduo, como personalidade, história pessoal, afetividade e a fatores sócio-culturais. Assim, deve-se atentar que cada pessoa irá perceber diferentemente um mesmo fenômeno, visto que sua percepção está diretamente condicionada à sua experiência e valores aprendidos em sociedade. Ittelson et al. (1974) apud Gold (1980) cita que, as respostas humanas frente aos desastres naturais variam em função de quatro pressupostos básicos:

- Os desastres que ocorrem com uma baixa freqüência em uma determinada área, não fazendo parte do dia-a-dia das pessoas, fornecem uma percepção errônea das condições de perigo do ambiente. A ameaça (estímulo) é vista de forma potencial e remota, ao invés de imediata e real;
- Assume-se que o homem tem um controle limitado sobre os eventos adversos;
- Estes eventos danosos freqüentemente requerem grandes ajustes no modo de vida, os quais as pessoas, de forma geral, tornam-se relutantes;
- A informação do ambiente perigoso é freqüentemente ambígua. Como resultado, os julgamentos são menos precisos do que aqueles que normalmente podem ser feitos em outros ambientes.

Burton e Kates (1964) comentam que também existem consideráveis variações nas percepções dos acidentes naturais no tempo e no espaço. No tempo, a noção de acidentes específicos e seus agentes causais, variam a partir de atos de negligência ou atos criminosos, até um ato de Deus. Enquanto que no espaço, dependerá da intensidade do fenômeno, dos recursos disponíveis e dos custos das oportunidades. Desta forma, conforme Gold (1980) e Pompilio (1990), a percepção dos perigos naturais tem-se baseado nos seguintes compromissos:

- Avaliar a extensão da ocupação humana nas áreas sujeitas a perigos naturais;
- Identificar as diversas possibilidades humanas de ajustes frente aos perigos;
- Conhecer como o homem percebe e estima as ocorrências de perigos;
- Compreender os processos geográficos relacionados às várias tipologias de eventos naturais extremos;
- Conhecer as respostas humanas aos diversos tipos de eventos naturais extremos, no tempo e no espaço, a fim de compreender como os sistemas físicos e humanos afetam-se mutuamente;
- Considerar que as experiências ambientais do indivíduo são influenciadoras de suas percepções do mundo real e seus comportamentos.

No Brasil vários trabalhos têm sido realizados para compreender os efeitos dos desastres naturais no sistema sócio-econômico sob o enfoque da percepção ambiental. Dentre estes se destacam os trabalhos realizados por Herrmann (2000), Amante e Costa (2002) e Pompilio (1990) sobre enchentes, e por Vieira (2004) sobre a ocorrência de escorregamentos.

Com base nestes pressupostos e trabalhos o questionário aplicado foi composto de perguntas objetivas e subjetivas, visando caracterizar os aspectos relacionados aos seguintes pontos:

- *Identificação*: dados pessoais e profissionais do entrevistado;

- *Moradia*: caracterização do tipo de moradia, sua localização geográfica e opinião do morador sob a mesma;
- *Ciclone Catarina*: percepção com relação à ocorrência do ciclone, a existência de fenômenos correlatos, aos danos materiais e ao tipo de resposta antes, durante e depois da passagem do fenômeno.

Os questionários foram aplicados pelos pesquisadores do Grupo de Estudos de Desastres Naturais (GEDN), entre os dias 1 e 4 de abril de 2004, nas comunidades mais afetadas pelos ciclone Catarina dos municípios região sul catarinense: Passo de Torres, Balneário Gaivota, Balneário Arroio do Silva, Araranguá, Jacinto Machado, Turvo, Ermo, Morro Grande, Timbé do Sul, Meleiro, São João do Sul, Santa Rosa do Sul, Sombrio, Maracajá e Içara (Figura 1).

No total foram realizadas 161 entrevistas, sendo que a análise foi de caráter qualitativo. Ressalta-se que não foi possível obter informações de alguns proprietários das

moradias mais destruídas em todos os municípios visitados, em virtude de muitos estarem em casas de parentes e/ou abrigos municipais.

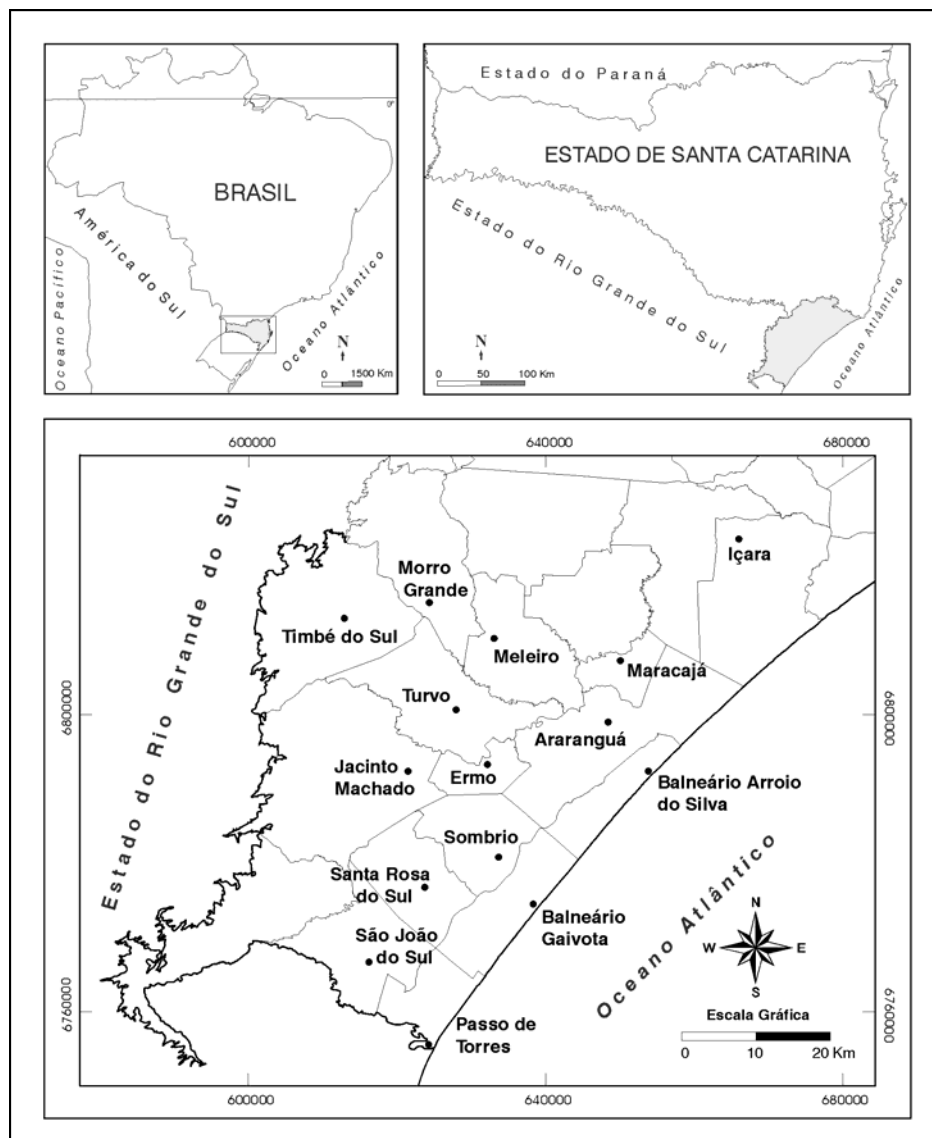



Figura 1 – Mapa de localização dos municípios em que foram aplicadas as entrevistas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais problemas enfrentados pela população em decorrência do ciclone Catarina foram os danos humanos, como mortos e feridos; os danos materiais e ambientais, que comprometeram diversos setores econômicos; e a interrupção dos serviços essenciais (distribuição de água, energia, comunicação e transportes). Desta forma, segundo os dados do Departamento Estadual de Defesa Civil – DEDC/SC, 14 municípios da região

decretaram estado de calamidade pública e 7 decretaram situação de emergência[1]. Com relação à aplicação dos questionários, serão apresentadas a seguir as principais informações obtidas de cada tópico.

3.1 Perfil dos entrevistados e moradia

De maneira geral, as áreas mais intensamente afetadas pelo Catarina foram às constituídas por população de baixa renda, com renda familiar de até dois salários mínimos (41%). A maioria das pessoas entrevistadas tinha entre 36 a 65 anos de idade, sendo que, em relação ao nível de escolaridade, cerca de 61% haviam cursado as primeiras etapas de ensino e 7% não possuíam qualquer tipo de instrução formal (Gráfico 1 e 2).

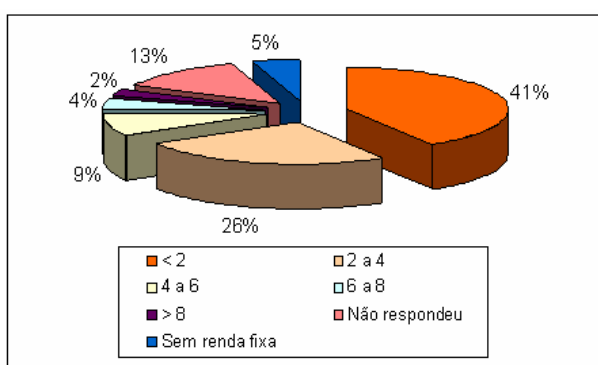



Gráfico 1 - Renda familiar em salários mínimos.

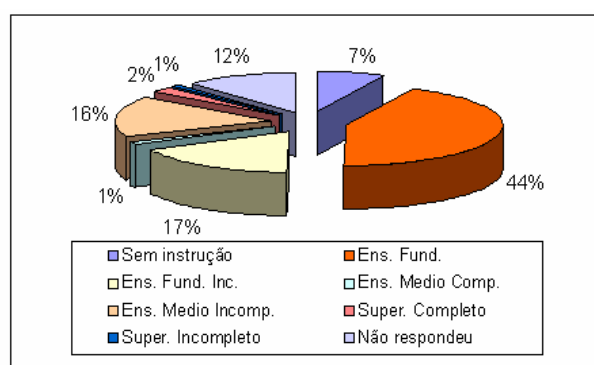



Gráfico 2 - Escolaridade dos entrevistados.

Com relação à moradia, cerca de 33% dos entrevistados são moradores recentes, com no máximo 4 anos de residência. Entretanto, este valor sobe para 50% quando somado aos que já estão instalados de 5 a 9 anos (Gráfico 3). No que se refere ao número de residentes, mais da metade (57%) eram famílias compostas de 3 a 5 membros (Gráfico 4). Todos os entrevistados foram questionados sobre a vontade de mudar depois da ocorrência do ciclone Catarina e apenas 6% manifestaram-se positivamente. Ressalta-se que estes eram moradores dos municípios localizados no litoral catarinense, que foi a área mais afetada pelos fortes ventos.

[1] De acordo com as definições adotadas pela Defesa Civil (Castro, 1998), situação de emergência é o "reconhecimento legal pelo poder público de situação anormal, provocada por desastres, causando danos (superáveis) à comunidade afetada" e calamidade pública é o "reconhecimento legal pelo poder público de situação anormal, provocada por desastres, causando sérios danos à comunidade afetada, inclusive à incolumidade e à vida de seus integrantes".

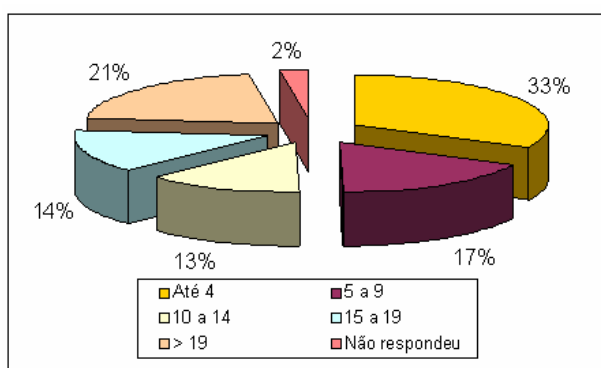



Gráfico 3 - Tempo de residência dos entrevistados

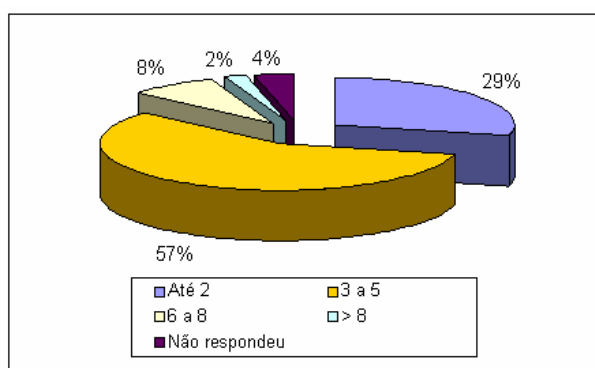



Gráfico 4 - Número de residentes nos domicílios

No que se refere às características das edificações atingidas, 94% possuíam casas de um pavimento e a maioria era feita de alvenaria (54%). Salienta-se que o resultado obtido reflete a impossibilidade de se ter aplicado as entrevistas com os moradores das casas de madeiras e mistas (alvenaria e madeira), que foram severamente danificadas e destruídas, visto que, os mesmos estavam alojados em residências de parentes ou em abrigos das prefeituras.

A maior parte dos domicílios, cerca de 79%, encontravam-se na área urbana e apenas 21% das casas dos entrevistados situavam-se na área rural, com praticamente todas as casas instaladas em áreas planas ou levemente onduladas. Quanto ao tamanho predominante das residências, em relação ao número de cômodos, sobressaíram as residências de 4 a 6 cômodos (61%), seguido das de 7 a 9 cômodos (20%) (Gráfico 3).

3.2 Ciclone Catarina: características e impactos

a) Exposição e percepção do fenômeno

As experiências vivenciadas pelos moradores em virtude de sua exposição (estímulo) foram registradas utilizando questões subjetivas. Aspectos como horário de início e final dos ventos, momento da calmaria, direção predominante dos ventos, intensidade e duração das chuvas, foram levantados com o intuito de se entender melhor a dinâmica do ciclone possibilitando uma melhor caracterização do mesmo.

Os municípios do litoral foram os que receberam o impacto dos ventos mais fortes, devido à inexistência de obstáculos topográficos, permitindo que estes entrassem com grande intensidade. De modo geral, segundo os moradores de todos os municípios visitados, às chuvas foram intensas, de longa duração e acompanhadas pelos fortes ventos. Com relação aos fenômenos correlatos, os entrevistados afirmaram não ter ocorrido granizo, descargas elétricas, tornados e ressacas. Ressalta-se que, em virtude dos indícios encontrados nos arrozais e nas matas de alguns municípios do interior, existe a

possibilidade de terem ocorrido tornados e/ou sub-vórtices. Com relação às ressacas (marés de tempestade), foram constatados indícios nas praias e dunas frontais de Balneário Arroio do Silva até Passo de Torres. Entretanto, a intensidade não foi suficiente para causar danos significativos nas edificações situadas na orla, apesar de ter atingido algumas casas em Balneário Arroio do Silva.

A grande maioria dos moradores afirmou nunca ter presenciado ou ouvido falar de algum fenômeno semelhante na região. Este fenômeno apresentou um olho bem definido no seu centro, caracterizado como uma zona de calmaria (ausência de ventos), e ventos intensos ao redor do olho girando no sentido horário (ventos ciclônicos no Hemisfério Sul). Desta forma, houve dois sentidos predominantes em relação à mesma direção dos ventos e o comportamento dos ventos diferenciou-se de acordo com o deslocamento do ciclone. Conseqüentemente, em cada cidade os moradores tiveram uma percepção dos ventos diferenciada, auxiliando na identificação da trajetória do fenômeno sobre o continente.

No município de Araranguá, localizado no litoral catarinense, os moradores perceberam que os ventos mais intensos começaram à 01:00h, com direção Sul. A passagem do olho deu-se em torno de 02:30h, com duração de meia hora. Em seguida, os ventos mudaram para a direção Norte, durando até as 06:00h.

Em Balneário Arroio Silva, município litorâneo que faz divisa com Araranguá, os moradores relataram que os ventos mais intensos iniciaram a partir das 23:00h do dia 27/03/04, alcançando velocidade máxima entre 02:30 e 03:00h do dia 28/03/04, logo após a passagem do olho que durou cerca de 30 a 40 minutos. Entretanto, pesquisadores do Grupo de Estudos de Desastres Naturais (GEDN) da UFSC que estavam monitorando a passagem do fenômeno neste município, registraram o tempo exato da passagem do olho, que foi das 01:15h às 02:48h da madrugada de domingo, com duração de 01:33h (Haas et al, 2004). Esta diferença entre o tempo observado e o percebido, pode estar associado a fatores como estado emocional e falta de energia elétrica, que contribuíram para a permanência dos moradores no interior das residências, limitando sua capacidade perceptiva. Mas, com relação aos ventos predominantes, todos responderam de forma unânime que o sentido do primeiro vento foi de Sul e do segundo vento (mais intenso) de Norte.

Outro município da faixa litorânea intensamente afetado foi Balneário Gaivota que teve o início dos ventos mais fortes próximo das 00:00h, com sentido Sul/Sudeste, diminuindo sua intensidade próximo das 5:00h, com direção Norte/Nordeste, do dia 28/03/04. Em torno das 02:00h houve a passagem do olho, que durou cerca de 20 minutos.

O município de Passos de Torres, também localizado no litoral, de acordo com os moradores não teve a passagem do olho (calmaria). Os ventos mais intensos foram constantes do quadrante leste (variando sudeste a nordeste), de 00:00h até aproximadamente 04:30h do dia 28/03/04.

No município de São João do Sul, que faz divisa com Passos de Torres, também não houve a passagem do olho. Os ventos mais intensos foram constantes do quadrante Leste (Sudeste/Nordeste), com início próximo das 00:00h até 04:30h do dia 28/03/04.

Santa Rosa do Sul, localizado mais no interior da planície costeira, que faz divisa com Balneário Gaivota, foi também severamente atingido pelos fortes ventos. Segundo os moradores, os ventos iniciaram próximo das 00:00h durando até 04:30h do dia 28/03/04. Não houve informações suficientes a respeito da passagem do olho, que provavelmente foi ausente ou de pouca duração. A direção dos ventos predominante foi do quadrante leste (sudeste/nordeste).

No município de Sombrio, que também faz divisa com Balneário Gaivota, os ventos mais intensos iniciaram por volta das 00:00h, com direção Sul, finalizando em torno das 5:00h, com direção Norte, do dia 28/03/04. O início da passagem do olho neste município foi por volta das 2:00h, durando aproximadamente 30 minutos.

De acordo com as entrevistas aplicadas em Jacinto Machado, os ventos mais fortes iniciaram-se por volta da 00:30h de Sudeste. A maioria dos moradores respondeu não ter verificado nenhum momento de calmaria, mas perceberam a diferença de direção do vento, que mudou de Sudeste para Sudoeste. Os ventos mais fortes terminaram aproximadamente às 05:00h da manhã de domingo.

Em Turvo os primeiros ventos de Sudoeste começaram à 00:00h. A passagem do olho foi em torno das 02:30h, durando aproximadamente 20 minutos, sendo que em seguida os ventos mudaram de sentido, vindo de Norte/ Nordeste. O final dos ventos mais fortes deu-se às 5:30h.

Segundo as entrevistas realizadas em Timbé do Sul, os ventos mais fortes iniciaram-se por volta da 01:00h e terminaram às 08:00h. Devido à divergência de respostas não se conseguiu estabelecer a direção predominante dos ventos. O registro do momento do olho foi em torno das 03:00h e teve a duração aproximada de 20 minutos.

Os moradores dos municípios de Meleiro e Morro Grande responderam que os primeiros ventos tinham a direção Noroeste e iniciaram a partir da meia noite. A maior parte dos entrevistados não percebeu a passagem do olho, tão pouco mudança significativa na direção dos ventos (não houve homogeneidade nas respostas).

No município de Maracajá os ventos mais fortes iniciaram-se a partir da 00:30h e vinham de Sul. O olho teve a duração de aproximadamente trinta minutos, iniciando-se a partir das 02:30h e, em seguida, os ventos mudaram para a direção norte, diminuindo por volta das 6:00h.

Em Içara, segundo os entrevistados, não houve a passagem do olho. Os ventos iniciaram próximo das 00:00h, do quadrante Sul, e terminou próximo das 5:00h, com sentido Norte/Nordeste.

Os entrevistados também foram questionados se já tinham vivenciado e/ou ouvido falar de algum fenômeno semelhante ao Catarina. A resposta negativa foi unânime, todos responderam que nunca tinham presenciado fenômeno de tamanha proporção. Muitos citaram a ocorrência de freqüentes e intensos vendavais, provenientes da Serra Geral, mas nenhum destes teve a duração, amplitude e intensidade do ciclone Catarina.

b) Principais impactos ocorridos

Os danos que predominaram na região foram principalmente os relacionados à perda parcial ou total das coberturas das edificações, como destelhamentos e destruição de telhados. Ressalta-se que na maioria das casas que foram totalmente ou parcialmente destruídas os moradores estavam alojados em casas de familiares ou abrigos. Verifica-se no Gráfico 5 que 81 % dos entrevistados sofreram avarias variadas nos telhados de suas casas, sendo que 30% foi perda total e 51% perda parcial. Os tipos de edificações mais danificadas foram as que possuíam cobertura de telha de cimento-amianto.Nos municípios do interior, em virtude dos danos relativamente baixos, grande parte das edificações localizadas na área urbana, já havia sido recuperada pelos próprios moradores.

Na agricultura, conforme Gráfico 6, os maiores prejuízos ocorreram nas culturas de milho e horti-fruticulturas comumente cultivados na região atingida. Alguns produtores de arroz tiveram suas perdas minimizadas por já terem colhido a safra, e, em relação aos bananais, muitos foram preservados por serem cultivados em morros cuja vertente ficaram a sotavento dos ventos mais fortes. Todavia, em alguns municípios, tanto as plantações de banana quanto os cultivo de arroz foram completamente arrasadas, por estarem expostos aos ventos mais fortes.

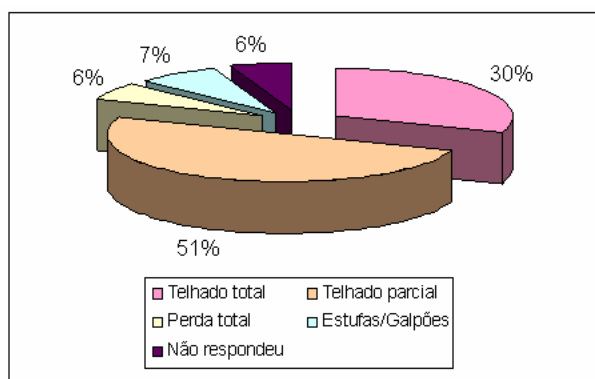



Gráfico 5 – Tipos de danos estruturais.

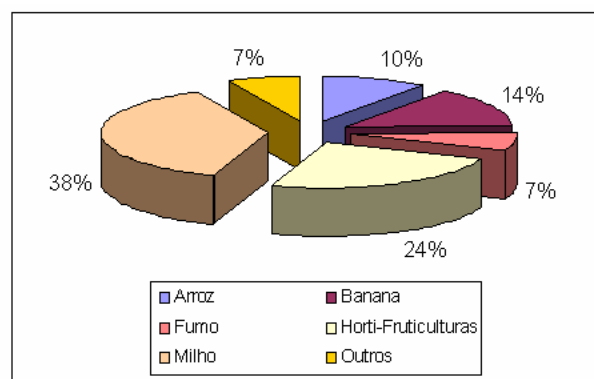



Gráfico 6 – Tipos de culturas agrícolas mais afetadas.

No Gráfico 7, referente à estimativa dos danos, observa-se que um grande número de entrevistados (31%) não soube avaliar os danos sofridos e 22% calcularam seus danos em mais de R$2.000,00. A dificuldade na apreciação dos prejuízos pode ser atribuída aos danos causados não somente nas estruturas das casas, mas também nos bens encontrados no interior das mesmas, como móveis e eletrodomésticos. Na área rural, a estimativa relatada pelos entrevistados apresentou altos valores, em virtude das perdas com a produção agrícola e dos reparos em estufas e/ou galpões.

Todos os municípios sofreram principalmente com a falta de energia elétrica, de comunicação e no abastecimento de água (Gráfico 8). Contudo, alguns entrevistados não tiveram tais problemas, pois não possuíam linha telefônica em suas residências e captavam água de poços artesianos e nascentes.

Apesar de nenhum morador ter contraído doenças de ordem física, a maioria dos entrevistados afirmou estar tomando algum tipo de remédio, como calmantes, devido ao grande choque emocional sofridos pelos mesmos. Entretanto, em muitos casos, também estavam tomando medicamento sob prescrição médica (tarja preta), como por exemplo, Lexotan (Bromazepan) e Gadernal (Fenobarbital).

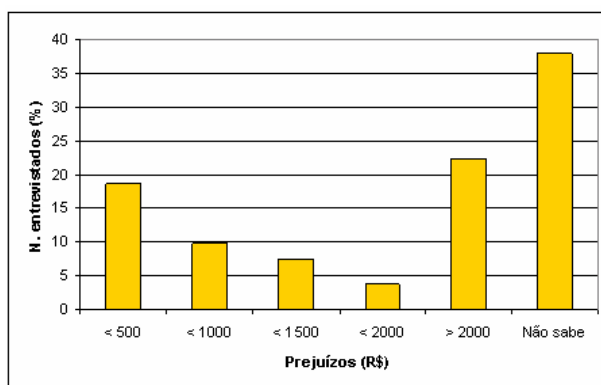



Gráfico 7 – Estimativa dos prejuízos em reais.

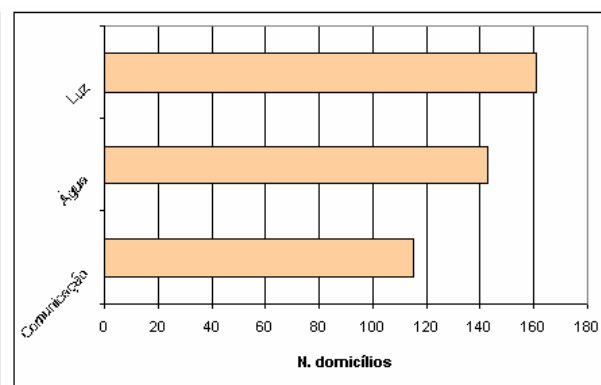



Gráfico 8 – Interrupção dos serviços essenciais.

c) Tipos de respostas

Durante a passagem do fenômeno as pessoas se protegeram de diferentes formas, ou seja, no interior de suas próprias casas ou em locais próximas as mesmas. Ressalta-se que os moradores, em sua maioria, observaram as recomendações da Defesa Civil, quanto às ações e medidas a serem adotadas nos momentos mais intensos do fenômeno. Cerca de 79% dos entrevistados permaneceram no interior de suas casas, escondendo-se principalmente no banheiro ou em outro cômodo seguro da casa. Entretanto, os moradores de residências mais frágeis protegeram-se nas casas de amigos (33%) ou familiares (52%).

De acordo com o Gráficos 9, grande parte da população atingida (60%) não recebeu nenhum tipo de atendimento logo após a ocorrência do ciclone. Dentre os que receberam atendimento (30%), conforme Gráfico 10, 35% foram assistidos pela prefeitura (telhas e lonas) e 38% foram ajudados pelos vizinhos e familiares que, em muitos casos, auxiliaram no processo de reconstrução de suas casas.

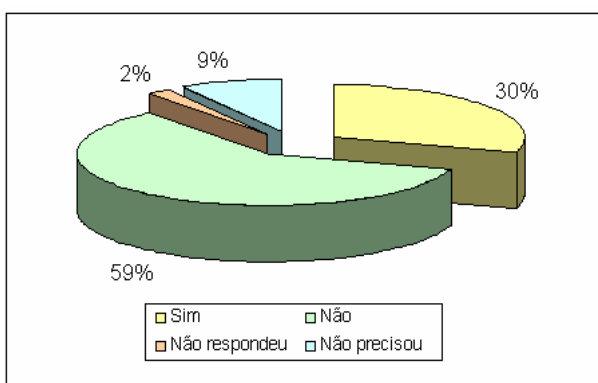



Gráfico 9 – Pessoas que receberam atendimento.

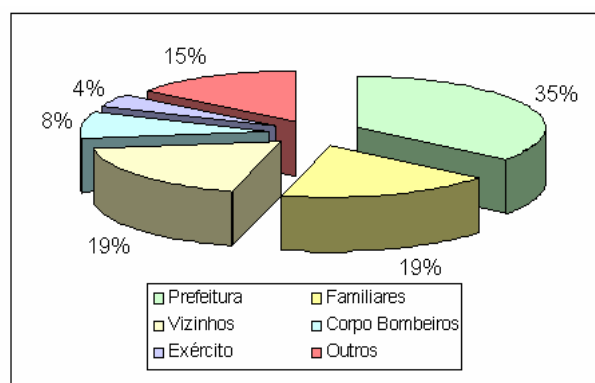



Gráfico 10 – Quem realizou atendimento.

3.3 Atuação dos meios de comunicação

Cerca de 95% dos entrevistados tinham sido informados sobre a ocorrência do ciclone. Entretanto, a maioria não acreditava que este atingiria com tamanha magnitude e intensidade. De acordo com o Gráfico 11, as emissoras de rádio e de televisão foram as principais fontes de informações para a população sobre o fenômeno, sendo utilizada por 82% dos entrevistados. Destaca-se ainda a grande atuação das rádios locais na transmissão dos alerta e recomendações da Defesa Civil transmitidos à população antes, durante e depois da passagem do fenômeno. Alguns moradores relataram que ficaram confusos devido à falta de uniformidade sobre as previsões do fenômeno transmitidas pelas diferentes emissoras de televisão.

Ressalta-se também que, conforme Gráfico 12, 59% dos entrevistados acreditam que outro fenômeno com características e poder de destruição similar ao ciclone Catarina

poderá ocorrer nos próximos anos. Somente 25% declararam que nunca mais aconteceria outro fenômeno como este.

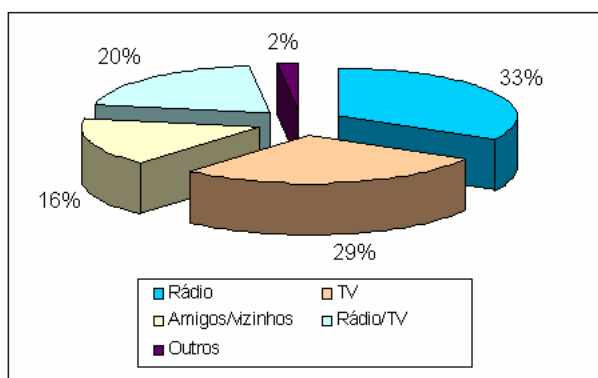



Gráfico 11 – Meios de recebimento de informações sobre o fenômeno.

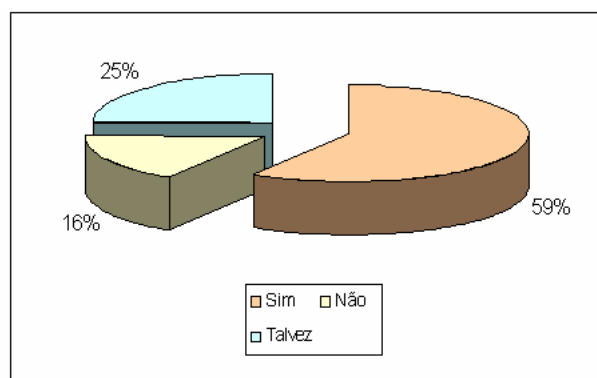



Gráfico 12 – Possibilidade de ocorrência de novo fenômeno similar ao Catarina.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas áreas urbanas, a maioria das comunidades mais afetadas pelos fortes ventos era de baixa renda, onde os tipos de danos mais freqüentes foram os destelhamentos e destruição de telhados. No interior, próximo as encostas da Serra Geral, os danos com edificações foram baixos comparados com os do litoral.

Nas áreas rurais, em locais com topografia mais acentuada, os prejuízos foram principalmente com as culturas de banana e reflorestamento de eucaliptos. Nas áreas de planície, o generalizado acamamento dos arrozais, somado a destruição das plantações de milho, também contribuiu para elevar os prejuízos na agricultura. Já os municípios mais próximos do litoral os prejuízos ocorreram de forma ampla, tanto na área urbana quanto na área rural.

Com relação à percepção dos moradores sobre o fenômeno, a maioria relatou que as chuvas foram intensas, de longa duração e acompanhadas por fortes ventos. Quanto às características dos ventos, a percepção dos moradores sobre os mesmos coincidiu com a trajetória realizada pelo ciclone no continente, com passagem do olho em alguns municípios. Nos demais os ventos foram constantes, pois estavam localizados nas bordas do ciclone. Ressalta-se que a intensidade do fenômeno diminui do litoral para o interior e o período de duração dos ventos mais fortes foi de 00:00 a 05:00h da manhã de domingo (28/03/2004).

A atuação da Defesa Civil do Estado de Santa Catarina e dos meios de comunicação (principalmente as rádios) foi extremamente positiva, pois toda a região

estava bem informada sobre a passagem do ciclone e sobre os tipos de ações e medidas que deveriam ser empregadas para minimizar os impactos do fenômeno.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho contou com o apoio e auxílio da Diretoria Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina – DEDC/SC e do Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres – CEPED da UFSC. Agradecemos também a cooperação das Prefeituras Municipais, da imprensa local e das pessoas entrevistadas que contribuíram para a realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, 47, 2002. p. 107-204

ALEXANDER, D. E. A survey of the field of natural hazards and disaster studies. In: CARRARA, A.; GUZZETTI, F. **Geographical infomation system in assessing natural hazards**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. p. 1-19.

AMANTE, F. O.; COSTA, A. T. Carta de enchentes da praça da Bandeira e Tijuca (RJ). **GEOUERJ**, n. 11, 2002. p.47-59.

BURTON, I.; KATES, R. W. The perception of natural hazard in resource management. **Natural Resources Journal**, 412 (3), 1964. p. 58-83.

CABRAL, L. O. **Bacia da Lagoa do Peri: sobre as dimensões da paisagem e seu valor**. Florianópolis. 236p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de Defesa Civil Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. Brasília: MPO, 1998. 283 p.

Gold, J. R. **An introduction to behavioural geography**. New York: Oxford University Press, 1980. 290 p.

HASS, R.; MARCELINO, E. V.; RUDORFF, F. M.; GOERL, R. F. Observações “in loco” Realizadas Durante a Passagem do Fenômeno Catarina. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, 2004. (Submetido).

HERRMANN, M. L. P. **Levantamento dos desastres naturais ocorridos em Santa Catarina no período de 1980 a 2000**. Florianópolis: IOESC, 2001. 89 p.

HERRMANN, M. L. P.; MARCELINO, E. V.; ZABOT, C.; MARTINS, N. J. M.; LISBOA, T. H. C.; OLIVEIRA, I. P. V.; MEDEIROS , J. C.; MORENA, M. Alturas das enchentes na planície aluvial do rio Forquilha e suas conseqüências nos bairros de Flor de Nápolis, Jardim Pinheiros e Forquilhinhas no município de São José – SC. In: Simpósio

Nacional de Geomorfologia, 3., 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2000. p. 227 .

HOUGHTON, J. T. **Global warning: the complete briefing**. Post Chester: Cambridge University Press, 1997. 242 p.

LANDSEA, C. N.; PIELKE, R. A.; MESTAS-NUÑEZ, A. M; KNAFF, J. A. Atlantic basin hurricanes: indices of climatic changes. **Climatic Change**, 42, 1999. p. 89-129.

OLIVEIRA, I. P. V. **Distribuição espaço-temporal dos episódios de tornado em Santa Catarina no período de 1976-2000**. Florianópolis. 81 p. Monografia (Graduação em Geografia) – Departamento de Geociências – Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

POMPILIO, M. J. **O homem e as enchentes na bacia do Itajaí: uma contribuição aos estudos da Geografia do Comportamento e da Percepção, na linha da Percepção Ambiental**. São Paulo. 268p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, 1990.

POMPILIO, M. J. **O homem e as inundações na bacia do Itajaí: uma contribuição aos estudos da geografia do comportamento e da percepção, na linha da percepção ambiental**. São Paulo. 270 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia – Universidade de São Paulo, 1990.

UNDP – United Nations Development Programme. **Reducing disaster risk: a challenge por development**. New York: UNDP, 2004. 137 p.

VIEIRA, R. **Um olhar sobre a paisagem e o lugar como expressão do comportamento frente ao risco de deslizamento**. Florianópolis. 197p. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

WALSH, K.; PITTOCK, A. B. Potential changes in tropical storms, hurricanes, and extreme rainfall events as a result of climate change. **Climatic Change**, 39, 1998. p. 199-213

WHITE, R.; ETKIN, D. Climate change, extreme events and the canadian insurance industry. **Natural Hazards**, 16, 1997. p. 135-163.

CYCLONE CATARINA: INTENSITY MAP AND PRELIMINARY DAMAGE ASSESSMENT

EMERSON V. MARCELINO[1]
FREDERICO M. RUDORFF[1]
ROBERTO FABRIS GOERL[1]
ISABELA P. V. DE OLIVEIRA MARCELINO[1]
EDSON FOSSATTI GONÇALVEZ[1]

[1] GEDN – Natural Disaster Research Group
Geosciences Department
Santa Catarina Federal University
Zip Code 476 - 88.040-900 – Florianópolis-SC, Brazil
gedn@grupos.com.br

MARCELINO, E. V.; RUDORFF, F. M.; GOERL, R. F.; MARCELINO, I. P. V. O; GONÇALVEZ, E. F. Cyclone Catarina: intensity map and preliminary damage assessment. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.734-748. (CD-ROM)

ABSTRACT
This work aimed to elaborate an intensity map of cyclone Catarina and to make a preliminary damage assessment. The study area is situated on a coastal plain located between the South Atlantic Ocean and the steep slopes of Serra Geral on the southern region of Santa Catarina State (Brazil). The damage assessment and the intensity map were carried out based on a field survey, where 22 counties in Santa Catarina State were visited, covering more than 3,000 km of the affected area. The intensity map was generated by the interpolation of 260 GPS points, classified according to the overall scenario of damage. The most affected counties were Passo de Torres, Balneário Gaivota, and Balneário Arroio do Silva, all situated at the coast, where a great number of edifications were damaged and destroyed. These edifications were mainly non-engineering wood-framed and brick houses with concrete-asbestos tile roofs. As the cyclone displaced towards the interior its intensity diminished, showing a radial destruction pattern. Based on the damages, the cyclone Catarina's intensity can be classified as a class 3 according to the Saffir-Simpson scale.
Key-words: cyclone Catarina, intensity map, preliminary damage assessment.

CICLONE CATARINA: MAPA DE INTENSIDADE E AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS DANOS

RESUMO
Este trabalho teve como objetivo elaborar um mapa de intensidade do ciclone Catarina e realizar uma avaliação preliminar dos danos causados pelo mesmo. A área de estudo está situada na planície costeira localizada na região sul catarinense. A avaliação de danos e o mapa de intensidade foram realizados baseados em trabalhos de campo no qual foram visitados 22 municípios catarinenses, percorrendo 3.000 km da área afetada. O mapa de intensidade foi gerado através da interpolação de 260 pontos de GPS classificados de acordo com o cenário geral de destruição. Os municípios mais afetados foram Passo de Torres, Balneário Gaivota e Balneário Arroio do Silva, todos situados próximos à costa, onde um grande número de edificações foram danificadas e destruídas. Estas edificações eram, principalmente, casas de madeira e de tijolos, cobertas com telhas de cimento-amianto. O ciclone perdeu força ao se deslocar para o interior da planície, apresentando um padrão de destruição radial. Com base nos danos, a intensidade do ciclone Catarina se enquadra na categoria 3, de acordo com a escala Saffir-Simpson.
Palavras-chave: ciclone Catarina, mapa de intensidade, avaliação preliminar dos danos.

1. INTRODUCTION

At March 27th and 28th 2004 the southern region of Santa Catarina State (Brazil) was affected by an unusual climatic phenomenon, known as cyclone Catarina, which caused severe damages over many counties. The hurricane intensity winds caused

generalized destruction, especially on the coastal communities. Most of the damages occurred on buildings (e.g. houses, gas stations, ware houses, sheds etc.), urban infrastructures (e.g. electricity, telephony, roads etc.), agriculture (e.g. banana, corn, rice etc.), flora and fauna (e.g. trees, birds etc.), and people (e.g. injuries and fatal victims).

National and international weather forecasting centers state that this type of phenomenon has never been recorded before in South America. The classification of the cyclone caused great controversy amongst the scientific community given its complexity and rareness. There are many researches who defend that it was a tropical cyclone (hurricane) and others an extratropical cyclone, a polar low or even a hybrid phenomena.

The Natural Disaster Research Group (Grupo de Estudos de Desastres Naturais - GEDN) linked to the Disaster Research University Center (Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres – CEPED) from the University Federal of Santa Catarina, which monitored "in loco" the passage of the cyclone and assessed its damages, considers it as a hybrid phenomenon. They argue that it started as an extratropical cyclone, about 1,000 km away from the Brazilian coast, and gradually acquired a circular form with a well defined eye, making landfall with typical hurricane winds.

Alcántara-Ayala (2002) defined natural disaster as some profound impact of a natural event upon the socio-economic system. However, there are great differences between natural disaster and natural event. According to Ogura and Macedo (2000), an atmospheric phenomenon such as a typhoon, which occurs at well known regions and seasons, is a hazard with potential threat to society. If the typhoon directs towards an occupied area it will be a risk situation with potential to cause socio-economical damage. If the typhoon makes landfall at an occupied area, causing damages and/or victims, it will considered to be a **natural disaster**. In case it occurs without negative socio-economical consequences it will be only a **natural event**. Further, according to Alexander (1995), the term natural disaster is associated with the definition of the geophysical agent, the number of people affected, the damage costs and the social system impact. These four elements make it possible to distinguish between natural disaster and natural event.

In relation to the cyclone Catarina, it behaved as a natural event during its formation (March 24th and 25th), since the South Atlantic is a favorable region for the formation and passage of cyclonic winds without causing direct damages (Satyamurty et al., 1990; Gan, 1992). At March 26th and 27th, when the cyclone acquired a circular form with a well defined central eye and begun to move towards the Brazilian coast it become a natural hazard causing a risk situation to the population that lives at the probable landfall

area. When Catarina reached the coast it showed some hurricane characteristics, i.e., hurricane winds with approximately 180 km/h, heavy rainfall, and a well-defined eye where the temperature was considerably higher than at its edge (Hass et al, 2004). Due to the sever damage of the event the phenomenon was here defined as a natural disaster.

In this context, this work aimed to elaborate an intensity map of cyclone Catarina and to make a preliminary assessment of the damages based on field survey.

2. STUDY AREA

The study area is situated on a coastal plain located between the South Atlantic Ocean and the steep slopes of Serra Geral range on the southern region of Santa Catarina State (Brazil) (Figure 1). This plane is composed by Marine and continental sediments Quaternary with width from 40 to 70 km and altitude from 0 to 20 m. The contact between the plain and Serra Geral shows abrupt changes from 400 – 1100 m with slope gradients higher than 45º (Santa Catarina, 1991). The most important rivers crossing the study area are Mampituba, Urussanga, Araranguá and Tubarão.

The population of 505,690 inhabitants is distributed over an area of 5,538 km^2, corresponding to a demographic density of 91.31 hab/km^2 (IBGE, 2004). The region is of relative low economical relevance when compared to other regions in the State of Santa Catarina. In the agriculture sector the major seasonal crops are rice, tobacco, corn, and beans; and the most important perennial crops are banana, maracujá and orange. Economical activities in the secondary sector are mainly characterized by carboniferous, ceramic, textile, footwear and nutritious industries, while in the tertiary sector the main activities are commerce, services, and tourism (Santa Catarina, 1991; IBGE, 1999).

This region is frequently affected by different atmospheric systems throughout the year. During the summer, mainly in January, the southern region presents the least precipitation indices when compared with others regions of Santa Catarina State. High diurnal temperatures favor intense evaporation and formation of isolated convective systems (ICS), which generally cause torrential rainfall, strong winds and in some cases even hail in the afternoon (Marcelino, 2003).

Another atmospheric system that acts mainly in the spring (September-October) is the mesoscale convective complex (MCC) that in some instances can reach the southern coast of Santa Catarina and cause strong winds, rainfall, hail, tornadoes etc. (Silva Dias, 1996; Marcelino, 2003).

The frontal transient systems act during the entire year. However, during winter time they are more intense and frequent, causing storms and generating floods, flash floods, hail and tornadoes. During spring time the cold fronts can associate with the ICS and the MCC, intensifying adverse phenomena that cause natural disasters (Marcelino, 2003).

The extratropical cyclones (EC) are disturbances that propagate throughout polar fronts, mainly during winter, and are common in the Southern South Atlantic Ocean (Satyamurty et al., 1990; Gan, 1992; Varejão-Silva, 2001). When they occur close to the Santa Catarina coast they can generate storm winds, heavy rainfall, storm surge, and coastal flood.

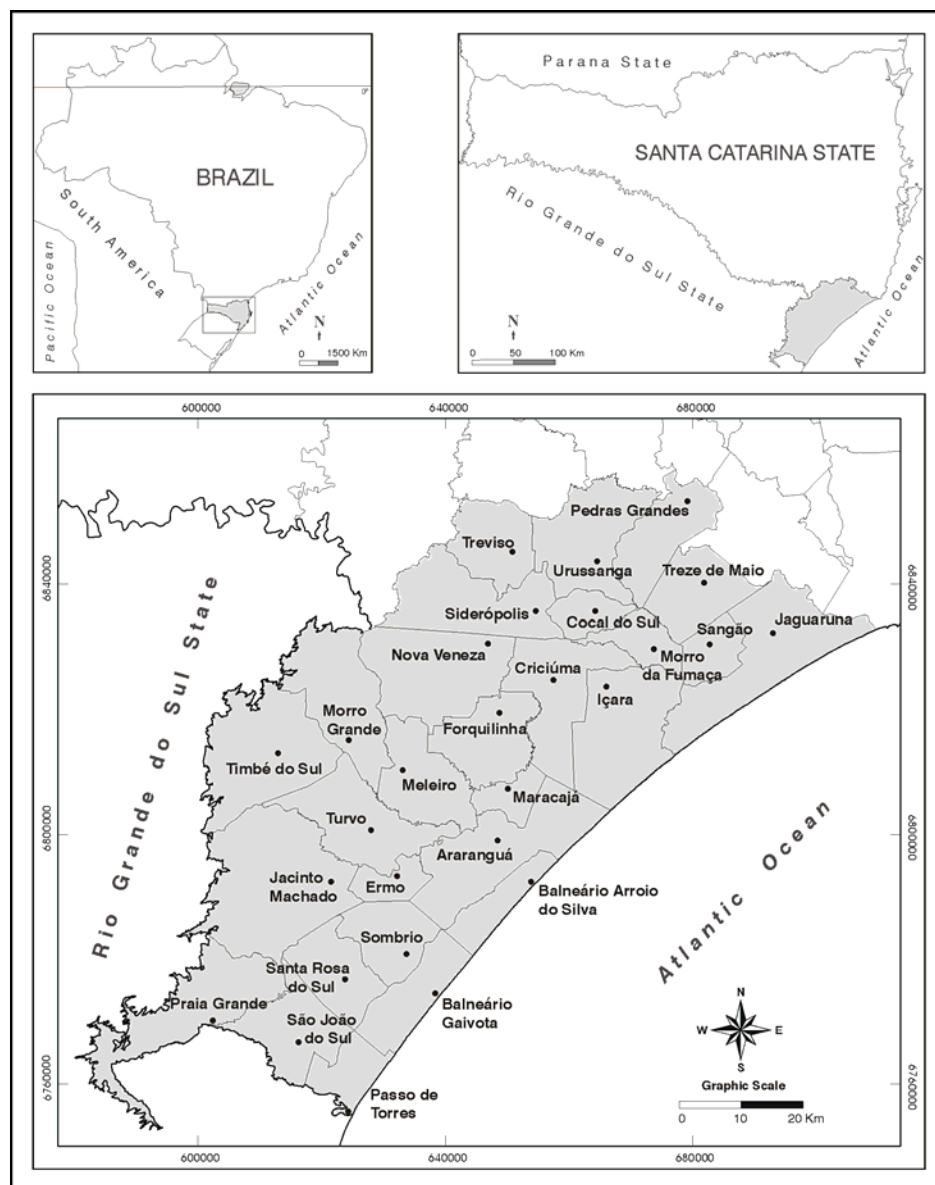



Figure 1 – Location of the study area.

3. METHODOLOGY

The first field survey was carried out on Sunday (March 28^{th}) shortly after the passage of the cyclone. The most affected counties were visited, registering photographs of the damages and interviewing the local authorities to gather information about the actual situation of these counties. The information collected was sent to the Santa Catarina State Civil Defense Department (DEDC-SC). This previous survey was of great importance in order to establish the intensity classes for the cyclone Catarina damage evaluation survey.

Three days after a one-week survey was carried out, covering more than 3,000 km of the affected area, and visiting 22 counties within the State of Santa Catarina. Besides, 160 questionnaires were applied and photographs were taken at the most affected areas. An interdisciplinary group, composed by geographers, an oceanographer, a geomorphologist, a physician and a forestry engineer, formed the survey team.

A total of 260 GPS points were collected and classified according to the overall scenario of damage caused by the cyclone. The first question at the observation site was: the damage is high or low? If none of the criteria was met, the damage intensity was classified as medium. Further, the high intensity class was subdivided in high and very high classes. A grid was generated from these classified points using an interpolation technique with Surfer 8 software in order to elaborate the Cyclone Intensity Map. The survey observations were used to classify the phenomenon intensity based on the Saffir-Simpson Scale (Coch, 1994; FEMA, 2000).

The counties socio-economical damage level was obtained from the Damage Assessment (Avaliação de Danos – AVADAN) report submitted by each county to the State Department of Civil Defense in order to obtain economical aid from federal and state governments.

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1 Intensity map of cyclone Catarina

The intensity map was based on assessments and observations carried out during the field survey by the interdisciplinary team and not by the AVADAN report that provided only a general damage idea and had no pre-established criteria patterns for damage assessment. Therefore, in many cases, similar impacts in different counties were over estimated in the AVADAN report as was observed during the field survey.

A post storm field investigation was conducted a day after the event. Because the damages were still well visible, it was possible to correctly establish the cyclone intensity

classes. It is important to stand out that the aim of this fieldwork was to relate damage with wind intensity. At Table 1 there are described the intensity classes and their a respective characteristics that were used to classify sampled point and generated the intensity map.

Table 1 – Intensity classes of cyclone Catarina

Class	Characteristics
Very High	Generalized damages with complete failure of many wood houses, and some masonry houses. Big trees toppled, many trees broken, and total loss in agriculture.
High	Frequent roof loss, structural damages of wood houses and some trees toppled and broken.
Medium	Much tile loss, some warehouses failed, and few trees toppled. Great loss in agriculture.
Low	Some tile loss and trees toppled sparse. Many broken twigs. Major loss in agriculture.

Figure 2 shows the types of damages frequently observed at the intensity classes over edifications. At the Very High intensity class the pressure of strong winds made collapse many houses as can be observed in Figure 2a in Balneário Arroio do Silva. At the High intensity class there were several cases of roof failure as can be observed in Figure 2b in Sombrio. For the Medium intensity class there were many failures of roof residences and collapse of the fragile structures of tobacco warehouses (Figure 2c). Low intensity class affected mainly agricultural fields as can be observed in Figure 2d in Jacinto Machado where the banana field was totally destroyed with only minor roof material failure on edifications at that site.

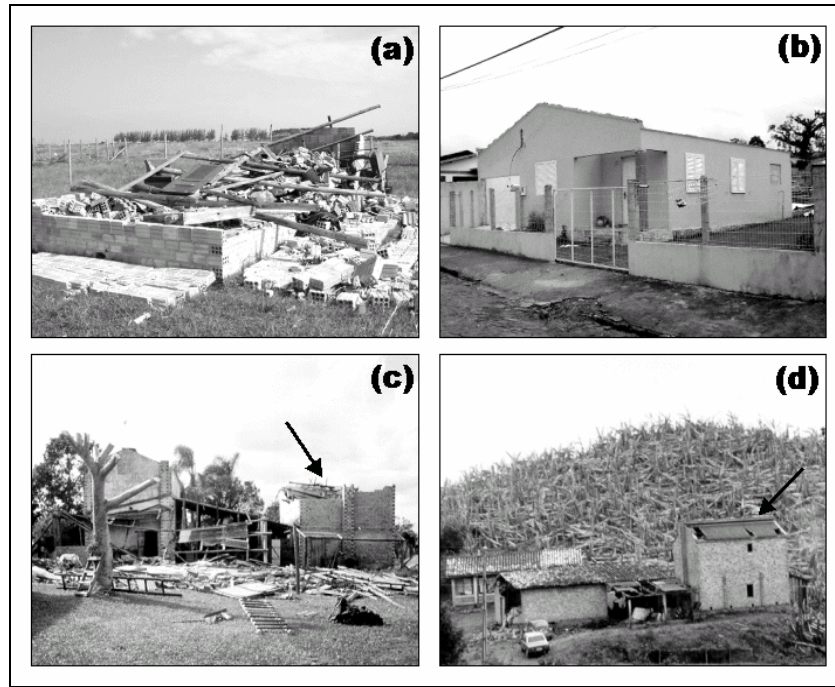



Figure 2 – Examples of the damages intensity classes: (a) Very High class; (b) High class; (c) Medium class; and (d) Low class.

Figure 3 shows the intensity map of cyclone Catarina, which is directly related to the classes of damage, established in Table 1. Areas in reddish were the most impacted by high winds that covered almost the entire Passo de Torres, Balneário Gaivota, and Balneário Arroio do Silva counties. In this region, according to Hass et al. (2004), the winds achieved around 120 km/h at the first eye wall and around 180 km/h at the second eye wall. The intensity of the cyclone was diminished as it moved from the coast towards the mountain slopes of Serra Geral, showing a radial destruction pattern.

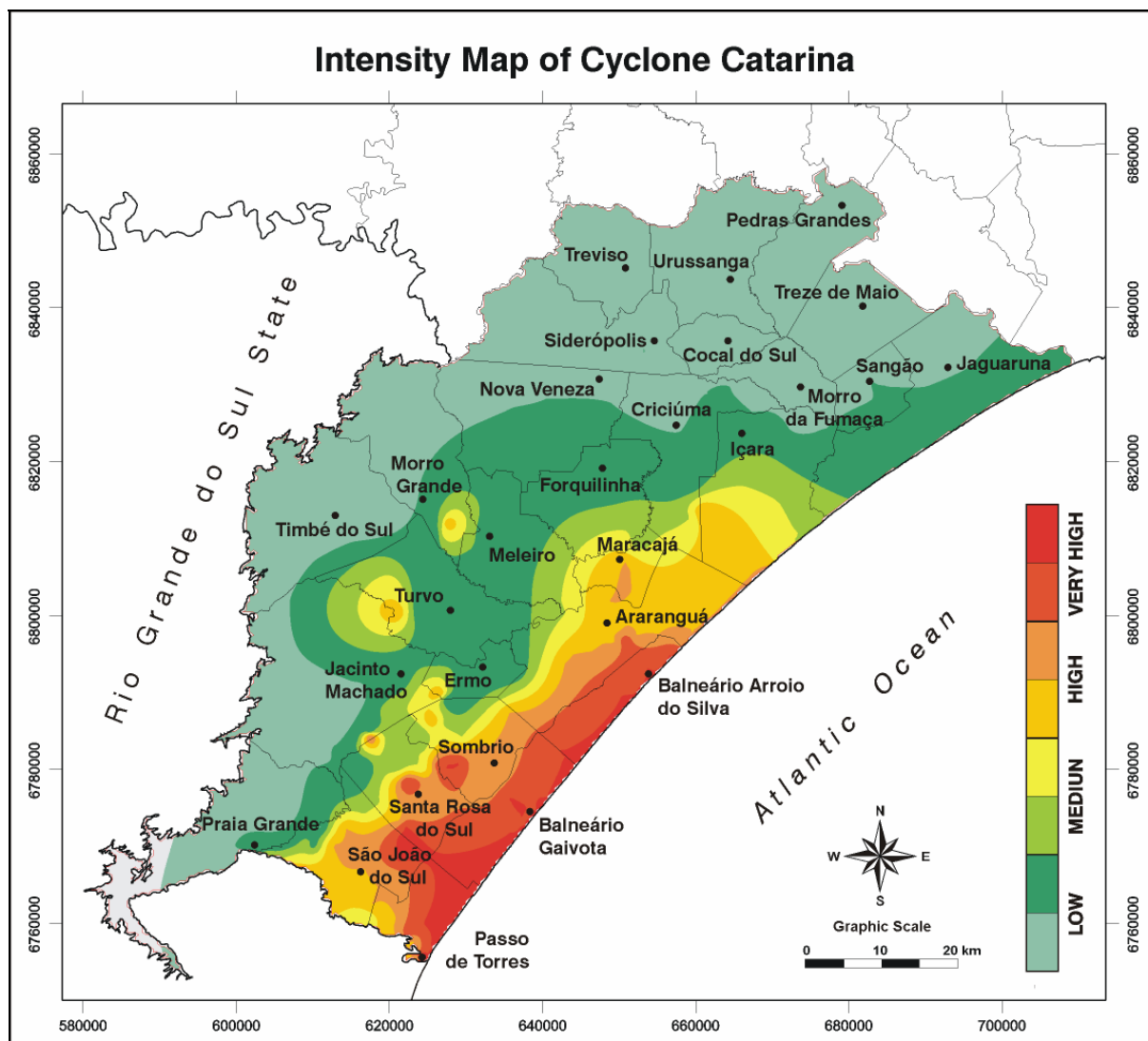



Figure 3 – Intensity map of cyclone Catarina.

4.2 Damage assessment of coastal counties

The most impacted coastal counties were Passo de Torres, Balneário Gaivota, and Balneário Arroio does Silva. Thus, in this section, a detailed socio-economical damage assessment for these counties will be presented.

a) Passos de Torres (ECP)[1]

Passos de Torres was one of the most affected counties, leaving a great number of unsheltered and homeless[2] people. The whole area was severely affected, however the damages were more intense over the communities closest to the coast. Amongst the houses

[1] According to the damage intensity suffered by the municipalities, the State Government of Santa Catarina, by the Decree n. 1,691 of April 26 of 2004, homologated State of Emergency (SE) and State of Public Calamity (SPC) for the most affected municipalities of Cyclone Catarina.

[2] Unsheltered are people that were forced to abandon temporally their houses, but did not need shelter from aid institutions. While, homeless are people that were unsheltered and need temporary shelter from aid institutions (Castro, 1998).

affected, the most damaged ones were the non-engineering wood and brick houses. These brick houses usually did not have plaster, beams and columns, resulting in a fragile structure with a poor tie down between roof and walls. The damages observed were diverse, ranging form partial to total collapse of houses, and from partial to total roof damage (Figure 4).

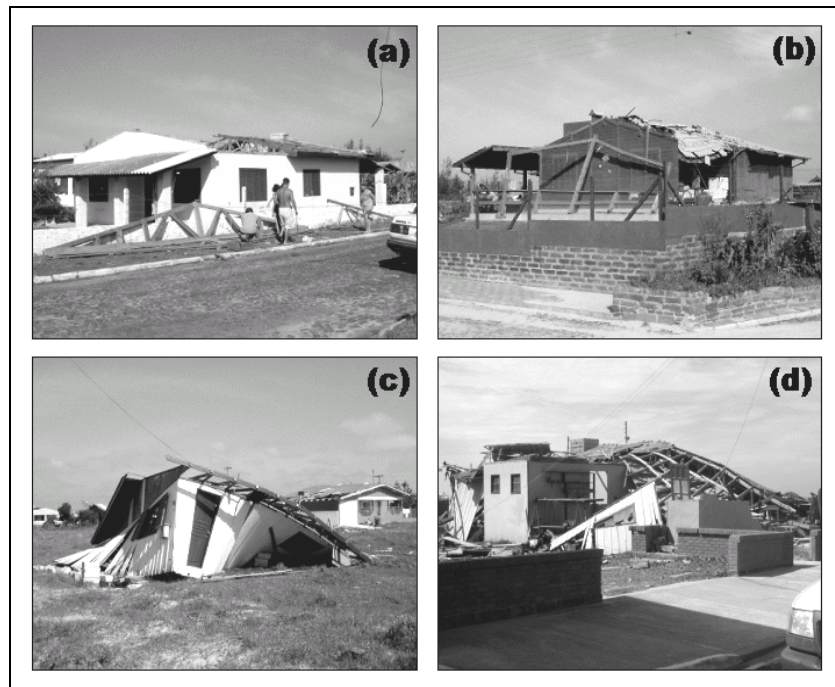



Figure 4 – Types of damages caused by wind on residences in Passos de Torres (SC): (a) total roof failure; (b) partial roof failure of a wood frame house; (c) total destruction of a wood frame house; and (d) total collapse of a masonry house.

Many sheds also suffered form roof loss and wall collapse (Figure 5a and 5b). At the rural area the most affected edifications were the warehouses, which presented a type of construction similar to brick houses (Figure 5c). Another significant damage suffered by the county was the total destruction of some shipyards since they were of poor wood structure quality with high walls (6 to 8 m), being even more susceptible to wind pressure (Figure 5d).

Besides the widespread roof damage in this county (Figure 6a and 6b), it was observed that a wood house situated at the southern margin of the Mampituba River at Torres County (Rio Grande do Sul State) was blew by the wind approximately 50 m across the river ending up at the northern margin at Passos de Torres County, Santa Catarina State (Figure 6c).

Figure 5 – Types of damages caused by wind force on sheds at Passos de Torres (SC): (a and b) total and partial collapse of metallic sheds; (c) partial collapse of tobacco warehouses; and (d) total collapse of a shipyard.

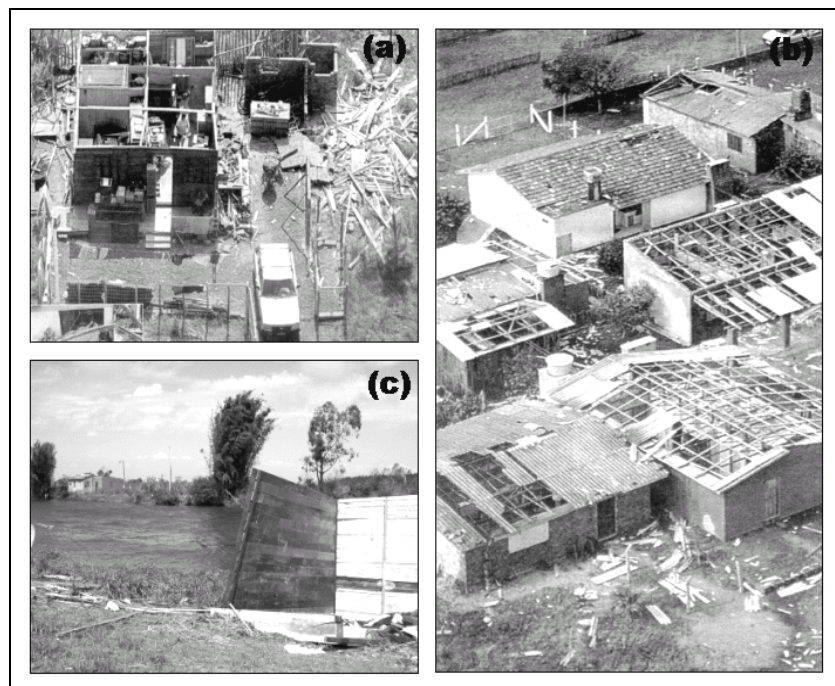



Figure 6 – Types of damages caused by wind force at Passos de Torres (SC): (a and b) widespread roof failure; and (c) house blown across the Mampituba River, divisor between the Rio Grande do Sul and Santa Catarina States.

A total number of 2,800 houses were damaged and 60 were totally collapsed; 50 commercial buildings were damaged and 250 collapsed; and 25 public buildings were damaged. The losses with buildings were US$1,794,300.27 corresponding to 49% of the

total loss of Passos de Torres County (US$3,676,166.22). The damage to people resulted in 2,000 unsheltered, 100 homeless, and 30 injured. It is interesting to notice that most of the injuries occurred during reconstruction and repairing of the houses and not during the cyclone's landfall. The same observation was made for other counties. Another significant loss suffered by the county was caused by trees toppled over an area of 300 ha, which corresponded to a loss of US$1,687,629.36 (46%). There was also a blackout due to the fallen light poles and high-tension power transmission lines, which caused communication problems and interruption of water supply. The county's residents immediately received aid from the town hall, especially tiles and loans. The families with priority aid were selected through the town hall's database of the counties poor families.

b) Balneário Gaivota (ECP)

Balneário Gaivota was also amongst the most affected counties with widespread destruction, especially the coastal communities. Most frequent damages were partial and total roof failure (Figure 7). Houses, gas stations and sheds were as well affected. Approximately 7,000 houses were damaged and 67 destroyed; 135 commercial buildings and 8 public buildings were also damaged (Figure 8). The number of unsheltered, homeless, displaced and injured people were 500, 60, 500, and 10, respectively.

Figure 7 – Destruction at Balneário Gaivota (SC).

The losses with buildings were of US$3,307,084.86, which corresponds to 46% of the total loss suffered by the municipality (US$7,403,265.72). Another significant damage occurred on forestry, which resulted on a loss of 200,000 tons of wood (Figure 9a),

corresponding to US$2,547,365.07. Power transmission lines were also highly affected. A sequence of approximately 40 light poles toppled at the road connecting Balneário Gaivota to Sombrio (Figures 9b and 9c) causing blackout and lack of water supply.

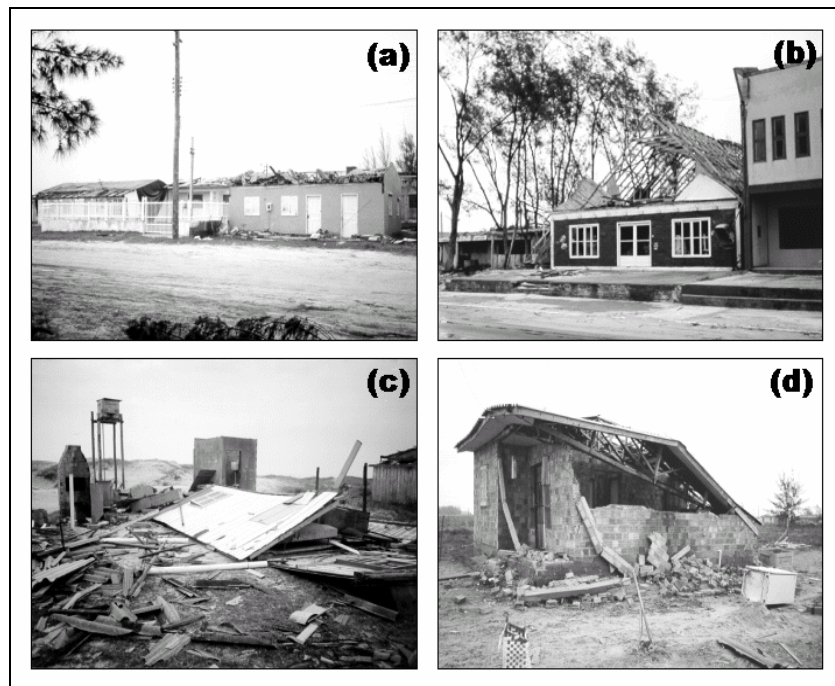



Figure 8 – Type of damage caused by wind force at Balneário Gaivota (SC): (a and b) roof failure and collapse; (c and d) collapse of non-engineering wood framed and brick houses.

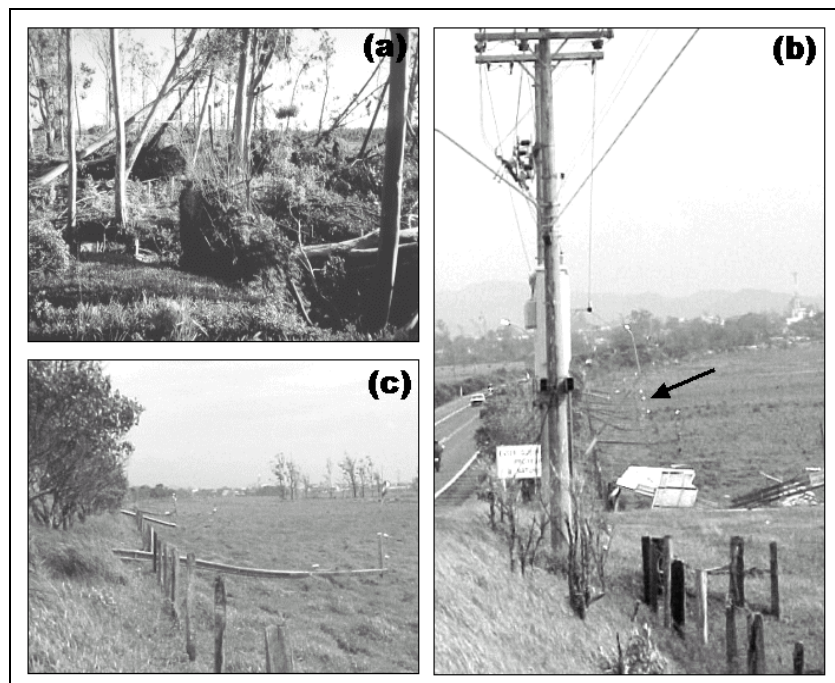



Figure 9 – Severe destruction over forestry (a) and power transmission lines (b and c).

c) Balneário Arroio do Silva (ECP)

At this municipality the winds damaged 1,450 and destroyed 150 residences (Figure 10). Despite the high winds, the damages were not so severe at the central urban areas, mainly due to the type of house construction. Most of the houses were of masonry and presented clay tile roofing, which showed to be the most wind resistant structures. However, at the poorer communities the roof failure was widespread and the total collapse of non-engineering houses was frequent. Severe damage at 7 commercial and 8 public buildings was also registered. The loss with edifications was 77% (US$557,175.61) of the total municipality loss (US$701,671.71). Significant damage to trees, light poles and power transmission lines with lack of energy and water supply was also observed.

When compared to the material registered destruction damage to people, was relatively low with 400 unsheltered and 150 homeless people. This was mainly due to forecast alerts given by the State Civil Defense Department, volunteer evacuation, and a great number of empty summer residences during the cyclone passage.

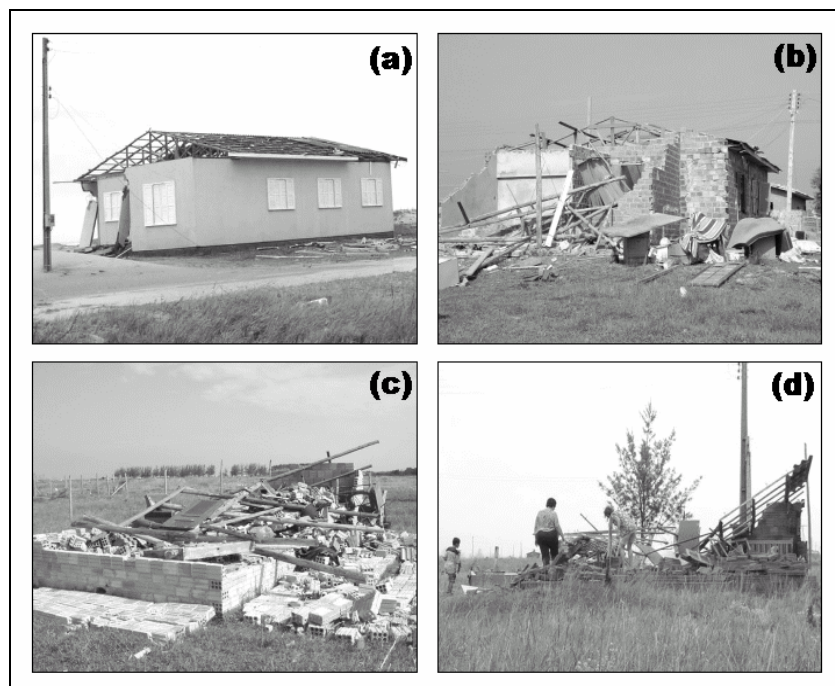



Figure 8 – Type of damage caused by wind force at Balneário Arroio do Silva (SC): (a) roof failure; (b) partial collapse; and (c and d) total collapse of brick houses.

4.3 Intensity classification of cyclone Catarina

Based on the observed damages the classification intensity of the phenomena was performed using Saffir-Simpson scale (Coch, 1994, FEMA, 2000). According to FEMA (2000), this scale is used by the National Weather Service, which belongs to the National

Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), in order to estimate the potential property damage and flooding expected along the coast from a hurricane landfall. This scale is a 1-5 rating based on the hurricane's current intensity. The characteristics of a class 3 are: large trees are toppled, some structural damages to roof, many manufactured homes are destroyed, structural damages to small homes (masonry houses) and utility buildings (FEMA, 2000). Thus, the cyclone Catarina can be inserted in class 3 due to the large amount of damaged and collapsed houses, confirming the wind velocity of 180 km/h estimated by Hass et al. (2004). According to the report issued by the Santa Catarina Civil Defense Department on last May 12th the numbers of damaged and destroyed edifications were 44,190 and 1,337, respectively, corresponding to 29.7% of the total affected edifications (153,111).

5. CONCLUSIONS

The most affected counties were situated on the southern coast of Santa Catarina State, leaving a great number of unsheltered and homeless people. As the cyclone displaced towards the interior its intensity diminished, showing a radial destruction pattern. The most vulnerable types of edifications were the non-engineering wood-framed and brick houses with concrete-asbestos tile roofs. Generally, the wood houses had poor tie down between roof and walls. Most of the brick houses have a fragile structure due to the lack of plaster, beams and columns.

Based on the damages caused by the cyclone Catarina its intensity can be classified as class three according to the Saffir-Simpson scale.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are thankful to the assistance and support supplied by the Santa Catarina State Civil Defense Department (DEDC-SC) and the Disaster Research Center of the Federal University of Santa Catarina (UFSC/CEPED). We also would like to thank the GEDN team that assisted during fieldwork.

7. REFERENCES

ALCÂNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention natural disaster in development countries. **Geomorphology**, v. 47, n. 2-4, 2002, p. 107-124.

ALEXANDER, D. E. A survey of the field of natural hazards and disaster studies. In: Carrara, A.; Guzzeti, F. **Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. p. 1-19.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil: estudos de riscos e medicina de desastres**. Brasília: MPO, Departamento de Defesa Civil, 1998. 283 p.

COCH, N. K. Geologic effects of hurricanes. **Geomorphology**, 10, 1994. p. 37-63.

FEMA - Federal Emergency Management Agency. **Design and construction guidance for community shelters**. Washington: FEMA, 2000. (FEMA 361).

GAN, M. A. **Ciclogêneses e ciclones sobre a América do Sul**. São José dos Campos. 195 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1992. (INPE/5400-TDI/479).

HASS, R.; MARCELINO, E. V.; RUDORFF, F. M.; GOERL, R. F. Observações "in loco" Realizadas Durante a Passagem do Fenômeno Catarina. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 2004. (Submited).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico - 2000**. [on line]. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/> Visited at May 31st, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal – 1999**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999. [on line]. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/> Visited at May 31st, 2004.

MARCELINO, I. P. V. O. **Análise de episódios de tornados em Santa Catarina**: caracterização sinótica e mineração de dados. São José dos Campos. 214 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003.

OGURA, A.; MACEDO, E. S. Processos y riesgos geológicos. In: Repetto, F. L.; Karez, C. S. (Eds.). **II Curso International de Aspectos Geologicos de Proteccion Ambiental**. Montevideo: UNESCO, 2002. p. 112-137.

Santa Catarina. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. Subsecretaria de Estudos Geográficos e Estatísticos. **Atlas Escolar de Santa Catarina**. Florianópolis: IOESC, 1991. 135 p.

SATYAMURTY, P.; FERREIRA, C. C.; GAN, M. A. Cyclonic vortices over South America. **Tellus**, 42A, 1990, p. 194-201.

SILVA DIAS, M. A. F. Complexos convectivos de mesoescala. In: **Climanálise Especial**: edição comemorativa de 10 anos. Cachoeira Paulista: INPE/CPTEC, 1996. p. 173-182.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET, 2000.

ANÁLISE GEOGRÁFICA DO TORNADO OCORRIDO NO MUNICÍPIO DE JOINVILLE-SC EM 31/01/1999

ISABELA PENA VIANA DE OLIVEIRA MARCELINO[1]
NELSON JESUS FERREIRA[1]
IARA NOCENTINI ANDRÉ[1]

[1]INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil.
isabela@ltid.inpe.br, nelson@ltid.inpe.br, iara@ltid.inpe.br

MARCELINO, I. P. V. O; FERREIRA, N. J.; ANDRÉ, I. N. Análise geográfica do tornado ocorrido no município de Joinville-SC em 31/01/1999. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.749-761. (CD-ROM)

RESUMO
A ocorrência de tempestades severas é comun em diferentes partes do globo. Quando estes fenômenos extremos atingem a sociedade causando danos passam a ser denominados de desastres naturais. No Brasil, especificamente no Estado de Santa Catarina anualmente há registros de desastres naturais de origem predominantemente atmosférica. Dentre os episódios que se tem verificado os tornados e trombas d'água estão sendo visto com certa freqüência no estado. Analisar de maneira integrada estes episódios auxiliam no melhor entendimento da sua gênese e das suas consequências. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar, de forma geográfica, a ocorrência de um episódio de tornado ocorrido no município de Joinville-SC em janeiro de 1999. Para tanto, foram utilizadas para análise meteorológica dados do modelo NCEP, imagens do canal infravermelho do satélite GOES-8 e cartas da hipsometria e cobertura e uso do solo do Estado de Santa Catarina. Com isso, verificou-se que o sistema atmosférico que gerou este tornado foi um Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) associado a circulação da Alta da Bolívia e ao Anticiclone no Oceano Atlântico em altos níveis, e escoamento de noroeste transportando calor e umidade da Amazônia para Santa Catarina em baixos níveis. A configuração do relevo semicircular que circunda o município de Joinville e a presença de floresta ombrófila densa na região podem ter contribuído para a intensificação das células convectivas locais.
Palavras-chave: tornado, análise geográfica, Joinville/SC.

GEOGRAFIC ANALISYS OF THE TORNADO OCURRED IN JOINVILLE COUNTY - SC IN 31/01/1999

ABSTRACT
The occurrence of severe storms is a meteorological feature commom in several parts of the Earth. When these adverse phenomenona hit society causing damages they are called natural disasters. In Brazil, particularly in the Santa Catarina State, throughout the year there are reports of natural disaster mostly from atmospheric origin. Among the adverse atmospheric events observed in this state stands out the occurrence of tornadoes and waterspouts. The intergated data analysis of these storms helps the understanding of their genesis and impacts. Concerning with this problem the objective of the currenty study is to analyze from a geographic point of view a tornado event which took place in the city of Joinville, SC in January of 1999. The analyses were done using GOES-8 infrared images, topographic maps and analysis of the surfarce cover of Santa Catarina State. It was verified that the atmospheric system that generated this tornado was a Mesoscale Convective Complex (MCC) associated with the Bolivian High and the South Atlantic Ocean Anticyclone circulations at high levels, and the northeast draining which transports heat and humidity from Amazônia to Santa Catarina at low levels. The configuration of the semicircular relief that encircles the Joinville county and the presence of the dense onbrofila forest at the region could have contributed to the intensification of the local convective cells.
Key-words: tornado, geografic analysis, Joinville/SC.

1. INTRODUÇÃO

Os fenômenos naturais extremos ocorrem em diferentes partes do globo com intensidades e freqüências variadas dependendo da região de ocorrência. Quando estes fenômenos atingem lugares habitados pelo homem geram grandes prejuízos sócio-econômicos e ambientais passando assim a serem denominados de desastres naturais (Alcántara-Ayala, 2002). Dependendo da magnitude do desastre e da densidade populacional que atinge, o mesmo pode se tornar uma catástrofe, que neste caso possui uma dimensão maior de danos e prejuízos em todos os setores socio-econômicos (Castro, 1998).

Desta forma, os desastres naturais estão totalmente associados no que se refere a sua gênese, aos processos naturais da dinâmica do globo terrestre. Estes podem ser separados de acordo com o elemento geofísico predominante podendo citar os que se originam de processos geológicos, tais como terremotos, erupções vulcânicas, tsunamis, e aos processos atmosféricos, como descargas elétricas, chuvas intensas, tornados, vendavais, granizo, etc (Smith, 2000; Alcántara-Ayala, 2002).

O Brasil é atingido anualmente por fenômenos extremos que causam desastres naturais de origem atmosférica. Enchentes, deslizamentos, vendavais, granizo são fenômenos comuns que ocorrem anualmente no território brasileiro. Dentre os estados mais atingidos por estes desastres, Santa Catarina é um dos mais atingidos por variados fenômenos de origem atmosférica. A relação dos sistemas atmosféricos que atuam no estado com os fatores geográficos do mesmo, como a configuração do relevo e maritmidade, formam condições favoráveis para o desenvolvimento e/ou intensificação de tempestades, quando muito severas, podem ocasionar fenômenos extremos como os tornados.

Tornados são definidos como uma coluna de ar giratória originada na base de nuvens do tipo cumulonimbus, visualizando como uma nuvem funil que se extende até a superfície terrestre causando destruição (Hushcke, 1959; Doswell, 1997). Oliveira (2000), Marcelino (2002), Marcelino et al. (2003), Marcelino (2003) tem estudado as ocorrências de tornados e trombas d'água no Estado de Santa Catarina. Foram verificados um total de 23 episódios de tornados e trombas d'água ao longo de 25 anos de estudo, sendo que os meses de verão e primavera são os que mais favorecem as ocorrências dos mesmos em Santa Catarina (Oliveira, 2000). Várias são as circulações atmosféricas que contribuem para a formação destes fenômenos, como a presença de escoamento de noroeste, transportando calor e umidade da Região Amazônica para a Região Sul do Brasil em

baixos níveis troposféricos e a presença de bifurcação no escoamento zonal em altos níveis (Marcelino, 2003).

Em virtude da grande intensidade que os tornados alcançam, estes são considerados como um dos principais agentes responsáveis pela ocorrência de desastres naturais em difentes partes do globo. Sua origem está relacionada com nuvens convectivas intensas, destacando-se a importância de estudar os tipos de sistemas atmosféricos que os originam. Além das condições atmosféricas o tipo de superfície em que ocorrem também devem ser analisadas, pois intensos tornados nos Estados Unidos (EUA) estão associados às regiões com grandes áreas de vegetação (Leathers, 1993) e já foram relacionados ocorrências de tornados em algumas regiões dos EUA com a proximidade de relvos acidentados (Peterson, 2000).

O episódio de tornado ocorrido no dia 31 de janeiro de 1999, às 17 h, atingiu o município de Joinville localizado no nordeste do Estado de Santa Catarina, causando danos materiais e deixando algumas pessoas feridas. O presente trabalho tem como objetivo analisar este episódio com uma abordagem geográfica, enfatizando os aspectos atmosféricos, da configuração do relevo e do uso e cobertura do solo.

2. DADOS E METODOLOGIA

Considerando que a maioria dos episódios não ocorrem de forma isolada no espaço e sim associados a diferentes parâmetros geográficos que contribuem para sua formação e/ou intensificação, a análise integrada torna-se fundamental para o melhor entendimento do mesmo. Desta forma, realizar uma análise que integre diferentes fatores geográficos resulta numa abordagem mais ampla dos agentes que causam o fenômeno. Entretanto, ressalta-se a importância de aprofundar-se no entendimento do principal agente geofísico que o origina, não deixando de analisar outros fatores que contribuem para a sua formação e o impacto sobre o sistema econômico-social (Alexander, 1995) (Figura 1).

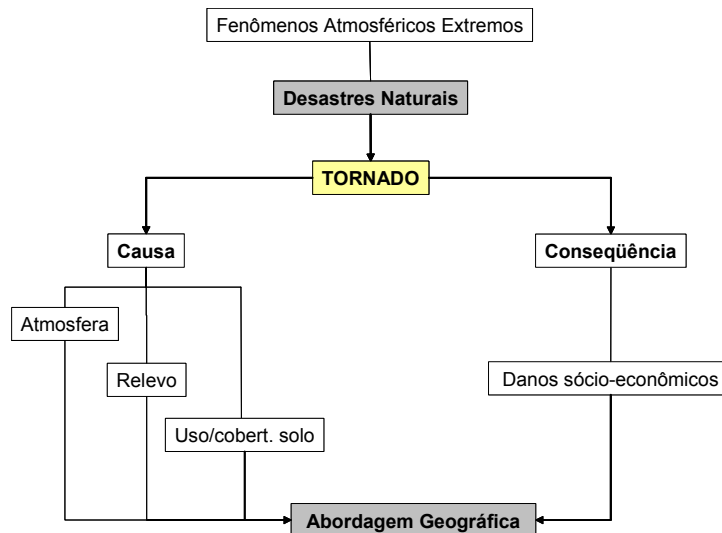



Figura 1 – Abordagem geográfica para análise de tornados.

Para realização da análise atmosférica, baseou-se nos conceitos dinâmicos documentados por Holton (1992) e Wallece e Hobbs (1977). Para tanto foram utilizadas as reanálises do modelo de previsão de tempo do National Centers for Environmental Prediction (NCEP) fornecidas pelo Climate Diagnostics Center (CDC). Estes dados foram obtidos para vários níveis troposféricos (925, 850, 700, 500, 300 hPa) em pontos de grade com resolução de 2,5º x 2,5º. Os dados foram trabalhados na rotina Grid Analysis and Display System (GraDS) gerando campos de convergência de fluxo de umidade e temperatura potencial equivalente em 850 hPa, divergência de massa e vorticidade relativa para 300 hPa, omega em 500 hPa e linhas de correntes para baixa e alta troposfera. Analisou-se os dias que antecederam e o dia da ocorrência do tornado.

Além disso, foram utilizadas as imagens do canal infravermelho (10,2 a 11,2 μm) do satélite Geoestationary Operational Environmental Satellites (GOES-8) fornecidas pelo Centro de Previsão de tempo e Clima (CPTEC). Estas imagens foram analisadas em três dias: o anterior, o da ocorrência e o posterior, totalizando 17 imagens analisadas para identificar o tipo de sistema atmosférico que estava atuando na formação do tornado.

A análise do relevo e do uso e cobertura foi baseada em mapa hipsométrico de Santa Catarina com curvas de nível de 100 em 100 m (Pandolfo et al., 2002) e no mapa da cobertura vegetal do Estado de Santa Catarina (Fundação do Meio Ambiente, 2000), respectivamente. Para a análise dos danos gerados pelo fenômeno foram consultados periódicos de circulação local e regional que relataram os estragos gerados pelo fenômeno.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3 Análise atmosférica

Com base na análise das imagens de satélite do dia da ocorrência do fenômeno (31/01/99), às 12 UTC iniciou um núcleo convectivo sobre o sudeste do Paraguai, que nos horários seguintes aumentou significativamente sobrepondo todo o Estado do Paraná e partes dos estados adjacentes. Supõe-se ter sido um Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) devido a formação de sua nebulosidade e da circulação atmosférica atuante em baixos e altos níveis.

Dessa forma, para um melhor entendimento das características atmosféricas que estavam atuando nos diferentes níveis troposféricos foi feita uma descrição geral da circulação ao longo dos horários dos dias 30 e 31/01. Um maior detalhamento será feito para o horário próximo da ocorrência do tornado (18 UTC).

A circulações atmosférica que predominou em altos níveis entre os horários dos dias 30 e 31/01 foi composta por um cavado de latitudes médias que se extendeu do sul da Argentina até a Bacia do Rio do Prata. Esse cavado teve sua inclinação modificada de norte para nordeste e seu posicionamento foi deslocado para leste ao longo dos horários analisados. A Alta da Bolívia (AB) estava bem caracterizada sobre o centro-norte do Brasil interagindo com a circulação anticiclônica no Oceano Atlântico, localizado próximo da costa brasileira. O escoamento sobre o Estado de Santa Catirna ficou predominantemente do quadrante oeste, inclinando-se levemente para noroeste durante esses dois dias.

Para o nível de 500 hPa, o mesmo cavado foi verificado no centro-sul da Argentina e a circulação anticiclônica na costa brasileira estava bem definida, sendo que em alguns horários a mesma juntou-se com a alta que estava sobre o continente na mesma latitude.

Para o horário próxima da ocorrência do fenômeno a configuração atmosférica pode ser visualizada na Figura 2. Destaca-se a alta da Bolívia interagindo com o anticiclone no Atlântico, um vórtice ciclônico sobre a Bahia e um cavado inclinado para nordeste no Ocenano Atlântico (OA), em torno de 52º W.

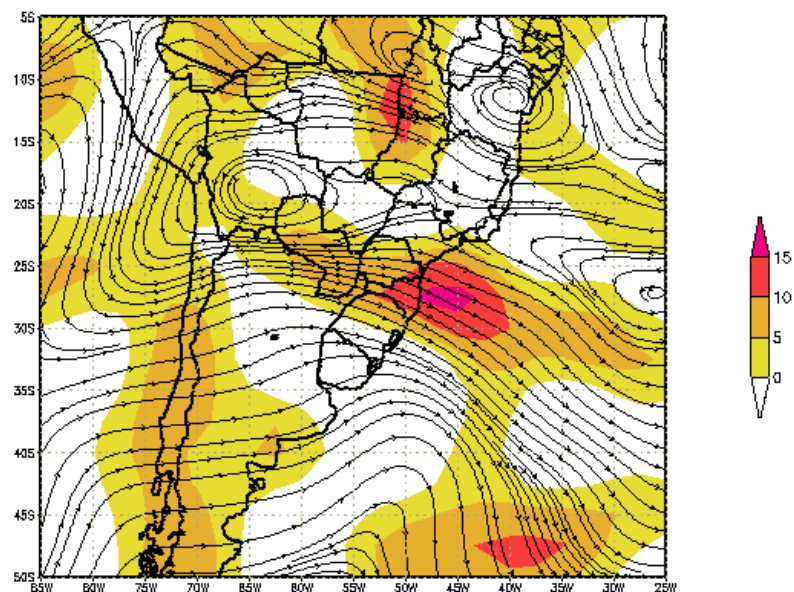



Figura 2 - Campo de divergência de massa ($x10^{-6}$ s^{-1}) e linhas de corrente em 300 hPa no dia 31/01/99 às 18 UTC.

Particularmente sobre Santa Catarina, devido a configuração atmosférica atuante, foi verificada intensa divergência de massa sobre a porção centro-leste do estado (Figura 2). Essa divergência associada a vorticidade anticiclônica (Figura 3) formam condições propícias para a geração de movimentos verticais ascendentes e consequentemente, atividade convectiva.

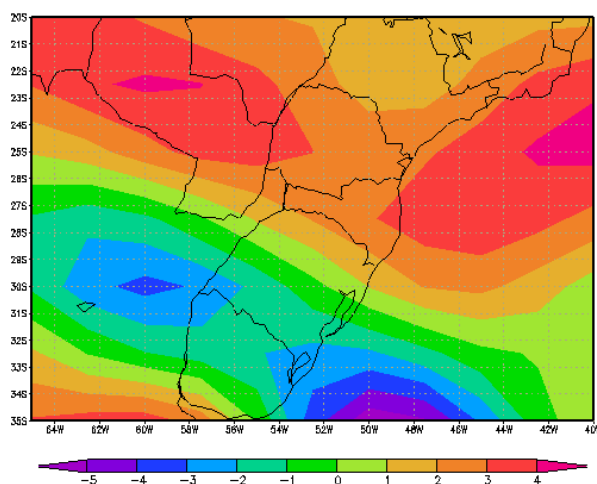



Figura 3 - Vorticidade relativa ($x10^{-5}$ s^{-1}) em 300 hPa no dia 31/01/99 às 18 UTC.

Dentre as características atmosféricas encontradas em baixos níveis ao longo dos dias 30 e 31/01, observou-se o escoamento de noroeste sobre SC proveniente da Região Amazônica na maior parte dos horários. Esse fluxo permaneceu transportanto calor e umidade para SC até o horário das 12 UTC do dia 31/01, e nos horários seguintes esse fluxo deslocou 5º para norte, devido ao surgimento de um cavado de ondas curtas inclinado para noroeste no sul do Paraguai. Esse fluxo de noroeste estava sendo condicionado pelo

Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS) que se manteve próxima da costa brasileira no dia da ocorrência do tornado. O cavado de latitudes médias também foi observado sobre o OA (50º a 55º W), extendendo-se de 60º S (extremo sul do continente) até 25º S (altura de Santa Catarina). Essa configuração atmosférica foi basicamente observada em 700, 850 e 925 hPa.

Quanto a circulação atmosféricos próxima do horário da ocorrência (Figura 4), merece destaque o cavado de latitudes médias sobre o oceano, a ASAS centrada em 25º S e 25º W, o cavado de ondas curtas inclinado para noroeste sobre o Paraguai e uma circulação anticiclônica centrada no Estado do Mato Grosso. Havia também outra circulação anticiclônica sobre o centro-norte da Argentina, interagindo com o cavado de ondas curtas acima citado.

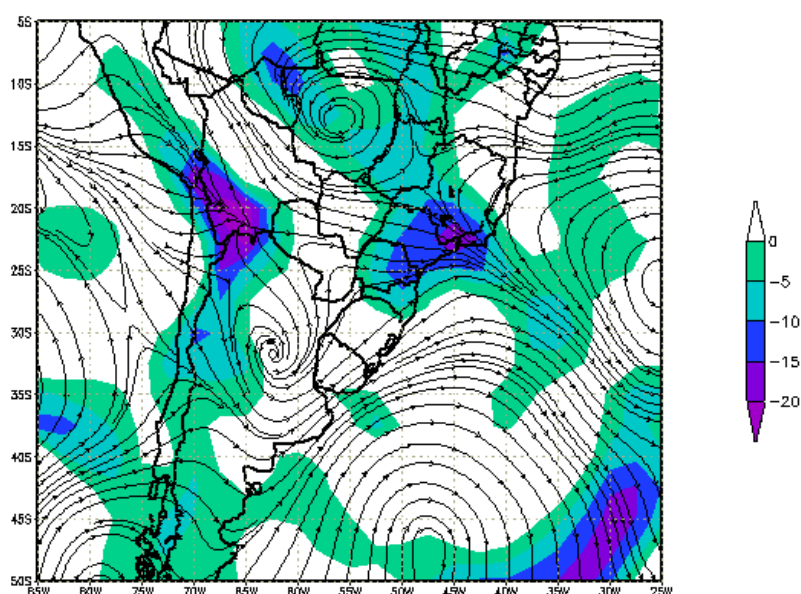



Figura 4 - Campo de divergência e linhas de corrente em 850 hPa do dia 31/01/99 às 18 UTC.

A configuração dessa circulação causou convergência de fluxo de umidade sobre SC, Paraná e grande parte da Região Sudeste. Associado a convergência, o eixo de crista da temperatura potencial equivalente (Figura 5) estava sobre o litoral catarinense, tanto no horário das 18 UTC, quanto no das 00 UTC (01/02). Dessa forma, a costa de SC era uma região favorável ao desenvolvimento de atividade convectiva, principalmente na parte nordeste do estado (onde está localizado Joinville) devido a influência de convergência de fluxo de umidade mais intensa.

(a) (b)

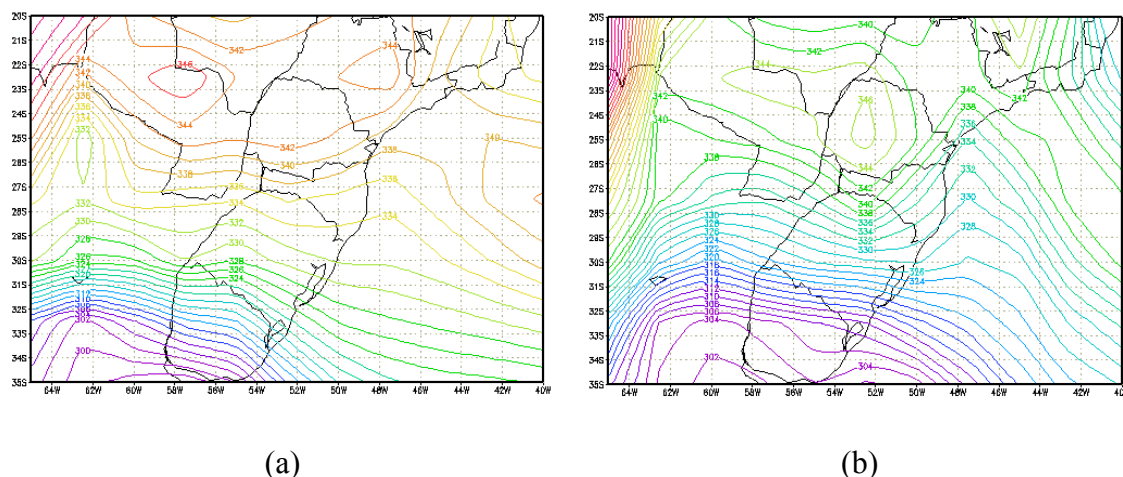



Figura 5 - Temperatura potencial equivalente em 850 hPa. (a) 18 UTC do dia 31/01/99; (b) 00 UTC do dia 01/02/99.

Como resultado da interação da circulação atmosférica observada tanto em baixos como em altos níveis, verificou-se a presença de movimentos verticais ascendentes sobre todo o Estado de Santa Catarina (Figura 6). Esses movimentos estavam relacionados com a divergência de massa e vorticidade anticlônica em altos níveis, e convergência de fluxo de umidade e crista de temperatura potencial equivalente em baixos níveis, confirmando assim, a formação de áreas de instabilidade sobre o estado.

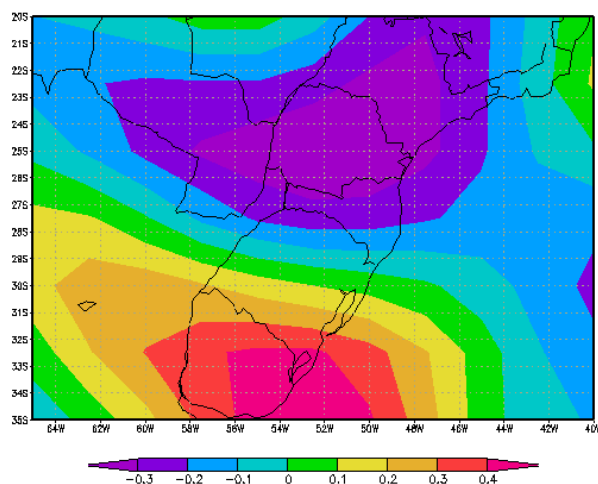



Figura 6 - Omega em 31/01/99 às 18 UTC.

A seqüência das imagens de satélite (Figura 7) mostra a formação da nebulosidade no dia da ocorrência da tornado em Joinville/SC. Ressalta-se que a imagem do horário exato da sua ocorrência não foi obtida apresentando-se somente as imagens que antecedem (Figura 7c) e procedem (Figura 7d) este horário.

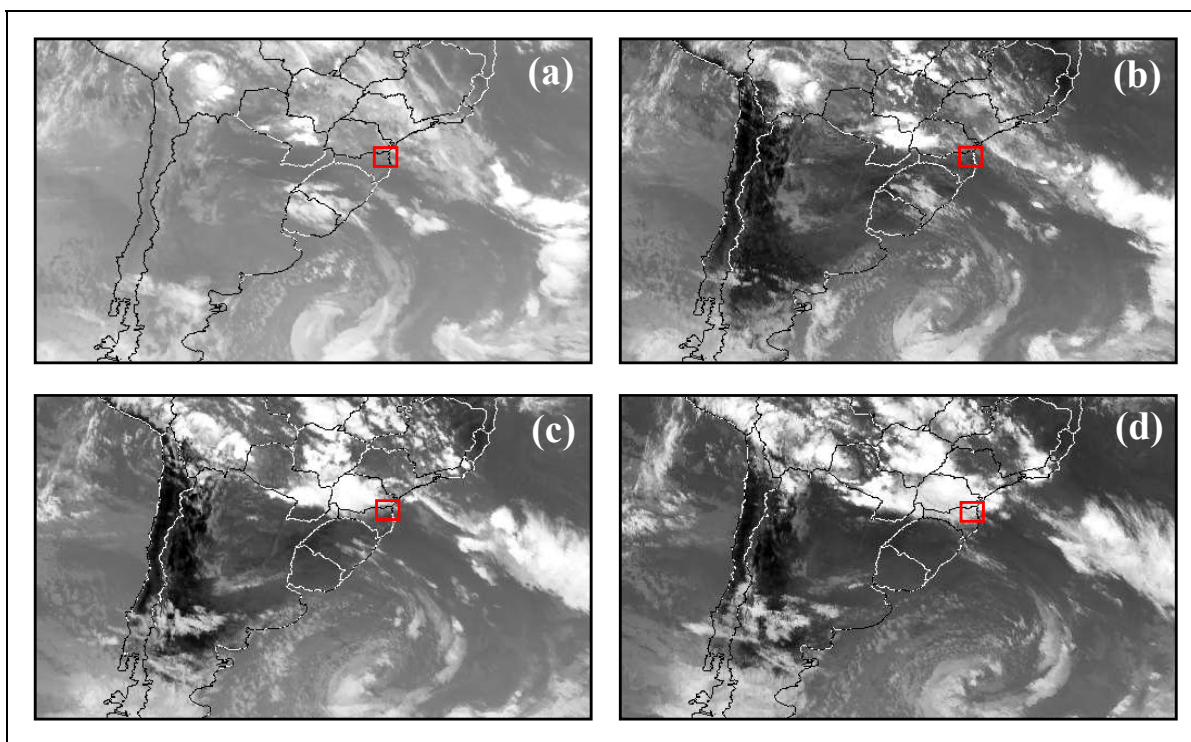



Figura 7 - Seqüência de imagens GOES – 8 do dia 31/01/99. (a) 12 UTC; (b) 15 UTC; (c) 18 UTC; (d) 21 UTC.

3.2 Análise da configuração da superfície

Por se tratar de um episódio de CCM não muito intenso sobre Santa Catarina, chama-se atenção para características geográficas da região que podem ter auxiliado na intensificação do fenômeno na área em que ocorreu o tornado. O município de Joinville está localizado na planície litorânea de SC, próximo a serras com altitudes elevadas (barreiras orográficas) com configuração semi-circular. Merece destaque a proximidade da Serra do Mar com Joinville, com altitudes de até 1200 m (Figura 8). Isto propicia características regionais particulares no clima devido ao efeito orográfico, que consiste na atuação da barreira formada pela montanha como forçante no processo convectivo. Peterson (2000) relaciona a observação de tornados próximos a relevos mais acidentados em algumas regiões dos Estados Unidos (EUA).

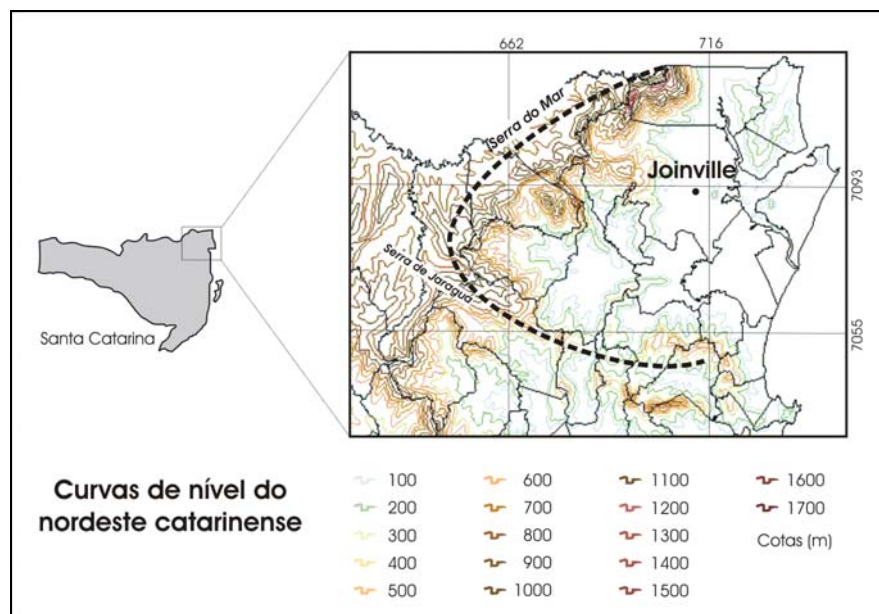



Figura 8 – Hipsometria da região nordeste de Santa Catarina.

Quanto aos uso e cobertura do solo, o município de Joinville possui uma grande área urbanizada com uma região adjacente (Serra do Mar) coberta por floresta ombrófila densa (floresta montana), como também florestas de terras baixas, submontana e mangues. A vegetação apresenta-se relativamente preservada nas encostas das serras, nas áreas de mangue próximas a Baía de Babitonga e nas proximidades dos cursos d'água (matas ciliares). Áreas com uso agrícola (culturas cíclicas) também aparecem na circunvizinhança da área urbanizada (Figura 9). Leathers (1993) verificou que as ocorrências de intensos tornados nos EUA estavam associados às regiões com grandes áreas de vegetação.

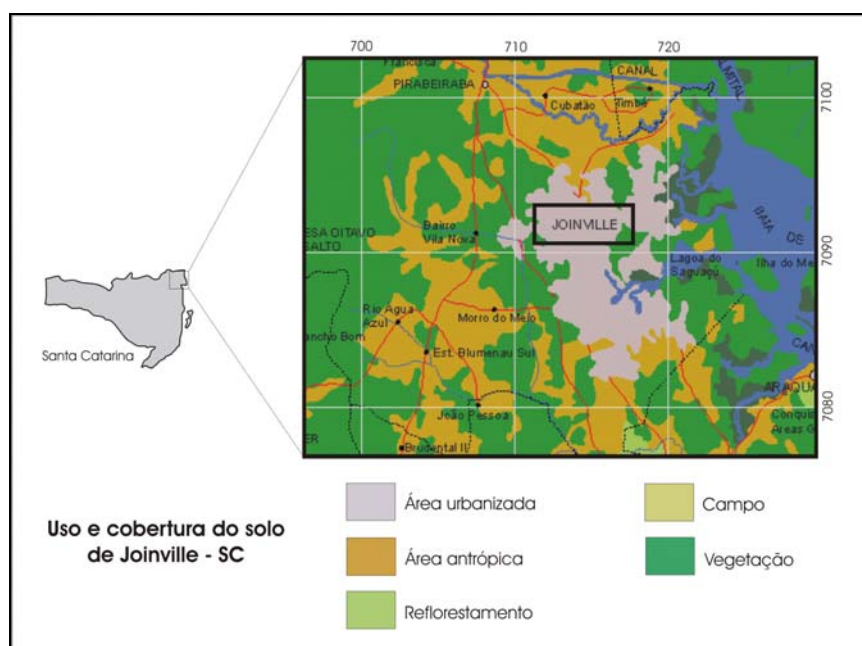



Figura 9 – Uso e cobertura do solo no município de Joinville.

3.3 Análise dos danos sócio-econômicos

Os danos sócio-econômicos causados por este tornado foi localizado atingindo somente o bairro Paranaguamirim. Os danos ocasionados neste bairro foi de 50 pessoas desabrigadas, 3 feridos, 13 residências destruídas e mais de 100 casas destelhadas (Peterson, 1999) (Figuras 10 e 11). O relato dos morados identificando a presença do funil (redemionho) coincide com as características de destruição linear típicas de tornados, causando destruição total e/ou parcial por onde passa enquanto nas adjacências não causam danos.

Figura 10 – Destruição provocada pelo tornado em Joinville.
Fonte: Jornal A Notícia.

Figura 11 – Detalhe de casa parcialmente destruída pelo tornado.
Fonte: Jornal AN Cidade.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema atmosférico que desencadeou a formação de um tornado no município de Joinville foi gerado a partir de um Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) que se formou no sudeste do Paraguai na manhã do dia 31/01/99 e deslocou-se sobre o Estado do Paraná, influenciando a maior parte de Santa Catarina no período vespertino deste dia.

Destaca-se em altos níveis troposféricos a atuação da Alta da Bolívia interagindo com o Anticiclone no Atlântico, associados a vorticidade anticiclônica que desencadeou divergência de massa sobre a porção centro-leste do estado formando condições favoráveis para atividade convectiva.

Em baixos níveis foi verificado o escoamento de noroeste sobre SC associado ao Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul que contribuiu para o transporte de calor e umidade

da Região Amazônica para SC. Merece destaque o cavado de latitudes médias sobre o oceano, o cavado de ondas curtas inclinado para noroeste sobre o Paraguai e uma circulação anticiclônica centrada no Estado do Mato Grosso. Esta circulação causou convergência de fluxo de umidade sobre SC, associado ao eixo de crista da temperatura potencial equivalente e movimentos verticais ascendentes sobre o litoral catarinense. Estas condições favoreceram a intensificação dos processos convectivos da região, principalmente na parte nordeste do estado.

Aliado a estes processos o efeito orográfico e a presença de muita vegetação no município de Joinville podem ter contribuído significativamente para intensificação da instabilidade na região que desencadeou o tornado. Apesar do mesmo ter sido bem localizado e de curta duração houve danos e prejuízos para a população local.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo financiamento da pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v. 47, n. 2-4, jul. 2002, p. 107-124.

ALEXANDER, D. E. A survey of the field of natural hazards and disaster studies. In: **Geographical information systems in assessing natural hazards**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, jul. 1995. Cap. 1, p. 1-19.

CASTRO, A. L. C. **Manual de desastres**: desastres naturais. Vol. 1, Ministério de Planejamento e Orçamento, Secretaria Especial de Pilíticas Regionais, Deártamento de Defesa Civil. Brasília: Imprensa Nacional, 1996, 182 p.

DOSWELL, C. A. **What is a tornado?** Norman (USA): NOAA/ERL/National Severe Storms Laboratory, 1997 [on line] <www.taiga.geoghttp://www.taiga.geog/.niu.edu/ chaser.html>.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. **Cobertura vegetal de Santa Catarina**. [CD-ROM] 2000. Florianópolis: FATMA, 2000.

HOLTON, J. R. **An introduction to dynamic meteorology**. New York: Academic Press, 3 ed., 1992.

HUSHCKE, R.E. **Glossary of Meteorology**. Boston: American Meteorological Society, Jul. 1959. 585 p.

LEATHERS, D. J. A synoptic climatology of northeastern United States tornadoes. **Phis. Geogr.**, v. 14, 1993, p. 171-180.

MARCELINO, I. P. V. O. **Análise de episódios de tornados em Santa Catarina**: caracterização sinótica e mineração de dados. Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 2003, 220 p.

MARCELINO, I. P. V. O.; FERREIRA, N. J.; CONFORTE, J. C. Análise do episódio de tornado ocorrido no dia 07/02/98 no município de Abdon Batista - SC. In: 11 Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 05-10.

MARCELINO, I. P. V. O.; HERRMANN, M. L. P; FERREIRA, N. J. The ocurrence of tornadoes in Santa Catarina State, Brazil. **Australian Meteorological Magazine**, 2002 (submetido).

OLIVEIRA, I. P. V. **Distribuição espaço-temporal de tornados em Santa Catarina no período de 1976 a 2000**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Florianópolis: UFSC, 2000, 81 p.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JÚNIOR, V. P.; MASSIGNAN, A. M.; PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. [CD-ROM] 2002. Florianópolis: EPAGRI, 2002.

PETERSON, C. J. Catastrophic wind damage to North American forests and the potential impact of climate change. **The Science of the Total Environment**, v. 262, 2000, p. 287-311.

PETERSON, H. Depois do desespero, a reconstrução. 2/2/1999, Seção Geral, **Jornal AN Cidade**.

PETERSON, H. Temporal causa destruição em Joinville. 1/2/1999, Seção Geral, **Jornal A Notícia**.

SMITH, K. **Environmental Hazards**: Assessing Risk. Florence: Routledge, 2000, 388 p.

Wallace, J. M. Hobbs, P. V. **Atmospheric science**: an introduction survey. New York: Academic Press, 1977.

CLIMATOLOGIA DAS GEADAS EM SANTA CATARINA

DEBORA AGUIAR[1]
MAGALY MENDONÇA[1]

[1]GEDN – Grupo de Estudos de Desastres Naturais
LabClima – Laboratório de Climatologia Aplicada
Departamento de Geociências
Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa Postal 476 - 88.040-900 – Florianópolis-SC, Brasil
gedn@grupos.com.br

AGUIAR, D.; MENDONÇA, M. Climatologia das geadas em Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.762-773. (CD-ROM)

RESUMO
As ocorrências de geadas além de perdas na agricultura podem gerar problemas econômicos e sociais, principalmente se os danos à produção repercutirem no preço dos alimentos. Santa Catarina é um dos estados mais atingidos por este tipo de fenômeno, seja de forma positiva ou negativa, pois a agricultura representa importante setor da economia do estado. Este trabalho tem como objetivo realizar uma climatologia das ocorrências de geadas em Santa Catarina, analisando sua distribuição espaço-temporal ao longo do período de 24 anos. Para tanto, foram utilizados dados cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos (CLIMERH). Verificou-se que as geadas atingem com maior freqüência as mesorregiões Planalto Sul, Meio Oeste, Planalto Norte e porção nordeste da Mesorregião Oeste. Estas ocorrências estão relacionadas às invasões polares mais rápidas e intensas. O período de maior freqüência do fenômeno ocorre de maio a setembro. Além disso, verificou-se que no estado em anos de La Niña houve maior freqüência de geadas do que nos anos normais e de El Niño.
Palavras-chave: geada, climatologia, Santa Catarina.

CLIMATOLOGY OF THE OCORRENCE FROST IN SANTA CATARINA STATE

ABSTRACT
Every year frost can causes considerable economic and social losses at Brazilian territory. Santa Catarina is one of the most affected states by this type of phenomena that can causes considerable agriculture losses. This work aims to comprehend the climatology of frost occurrences at Santa Catarina, analyzing its spatial and temporal distribution along 24 years. For this, it were used the meteorological data of the Instituto Nacional de Meteorologia (National Organization Meteorology) and Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos (State Centre Water Resources and Meteorology). The results show that the south plateau, west and north plateau region of Santa Catarina is the most affected from frost. These occurrences could be related to quick and intense polar systems. The most favorable months for the formation of these types of events are winter, followed by autumn and spring, which confirms the acting of the intense polar systems. In addition, during La Niña years there was a greater frequency of frost at the state, when compared to El Niño and regular years.
Key-words: frost, climatology, Santa Catarina.

1. INTRODUÇÃO

Os anticiclones polares, freqüentemente invadem o continente sul-americano, atingindo assim periodicamente, a Região Sul do Brasil, que está compreendida em latitudes médias. Apesar do predomínio dos centros de ação tropicais durante todo o ano, este anticiclone pode atingir ainda, a Região Sudeste ou latitudes menores principalmente no

inverno. Entre o outono e a primavera, as massas de ar polar invadem Santa Catarina com maior freqüência, provocando acentuada queda na temperatura e ventos fortes do quadrante sul. No domínio do anticiclone polar, o ar torna-se seco, e o céu limpo, fazendo com que as temperaturas desçam a seus níveis mais baixos devido à intensa radiação noturna (NIMER, 1979). Em Santa Catarina, não raramente, as temperaturas caem abaixo de zero em muitos locais. São nessas noites então, que a maioria dos fenômenos de geada acontecem. Os fatores geográficos como a latitude, a maritimidade e o relevo exercem significativa importância na distribuição das geadas em Santa Catarina.

O fenômeno das geadas afeta mais diretamente e de maneira negativa, a agricultura, que representa importante setor da economia catarinense, podendo causar prejuízos parciais ou totais em muitas culturas. Os danos às culturas dependem do número de dias consecutivos com geadas e da intensidade das mesmas, portanto, quanto maior o número de dias e maior sua intensidade, maiores serão os prejuízos na produção agrícola. O impacto social e econômico também poderá ser significativo se os danos à produção repercutir no preço dos alimentos.

Deste modo, os estudos sobre o fenômeno, podem auxiliar em melhores previsões das ocorrências e ações que minimizem os prejuízos nas lavouras e à sociedade.

Este trabalho visa contribuir com a caracterização das condições climáticas, que promoveram as ondas de frio e as ocorrências de geadas, do período de 1980 a 2003, bem como analisar a distribuição espacial e temporal das ocorrências, gerando uma climatologia de geadas para o Estado de Santa Catarina.

1.1 A ocorrência de geadas

As geadas ocorrem quando a temperatura do ar próximo do solo ou superfícies expostas cai abaixo de 0°C. Dependendo da quantidade de vapor d'água existente no ar ela pode ou não vir acompanhada de depósitos de cristais de gelo sobre o solo, vegetação ou qualquer superfície exposta. Os cristais de gelo se depositam em condições semelhantes das que formam o orvalho. As temperaturas abaixo de 0°C podem danificar e até matar os tecidos das plantas. Nos vales o ar frio descendente, nas noites de calma, desliza suavemente vertente abaixo, acumulando-se no fundo e freqüentemente causando geadas.

Há dois tipos genéticos de geadas: a de radiação e a de advecção ou de massa de ar. A geada de radiação ocorre em noites calmas e claras, quando há grande perda de radiação terrestre, ocasionando o resfriamento rápido da camada de ar próxima ao solo e restringindo-se a uma pequena área. Já a geada de advecção resulta da invasão de uma massa de ar frio, podendo ser chamada de geadas de vento e se estender por uma grande área em sua ocorrência. Azzi, verificou no RS, que quando sopram ventos frios e a umidade relativa é muito baixa pode ocorrer o "golpe do frio", pois mesmo com temperaturas de 4°C a 5°C, observou-se necrose dos tecidos e enegrecimento das plantas (Mota e Agendes, 1986). A geada pode ser também mais intensa quando resultar da associação desses dois fenômenos: invasão de massa de ar polar sobre o continente, seguida de radiação noturna (Molion et al., 1981).

Entre as culturas que sofrem danos causados pelas geadas destruidoras estão o fumo, as frutíferas e os hortigranjeiros cuja produção é interrompida em certas épocas do ano. A pecuária, principalmente a leiteira é atingida pela interrupção no crescimento das pastagens nativas.

Conhecer as temperaturas mínimas absolutas e sua freqüência no inverno e, principalmente, as datas em que ocorrem as geadas precoces outonais e as tardias primaveris, é fundamental para um planejamento agrícola. Esse deve considerar além das aptidões locais, a escolha de espécies e cultivares, épocas de semeadura e colheita, avaliação de prejuízos das safras e o desenvolvimento de técnicas agrícolas, de medidas preventivas e de proteção contra geadas (Mota e Agendes, 1986).

Mesmo para culturas como o trigo em que a geada é benéfica durante a fase vegetativa, a ocorrência em fases posteriores pode determinar a perda total da lavoura, por sensibilidade às temperaturas muito baixas. A previsão de clima pode auxiliar em alguns casos no sentido de recomendar o adiantamento ou atraso da semeadura.

O processo de geada radiativa é acompanhado de inversão térmica e geralmente, próximo ao solo se registram temperaturas iguais ou menores do que 0°C, enquanto que no abrigo meteorológico ocorrem temperaturas iguais ou superiores a 1°C ou até mais. Buriol, citado por Mota e Agendes (1986) comprovou no Rio Grande do Sul, por observações visuais, diferenças entre as temperaturas do abrigo e da região de ocorrência da geada. Constatou que a ocorrência de geadas, em abril e outubro, coincide com inúmeras e diferentes

situações topográficas das lavouras de trigo. Muitas dessas lavouras apresentam temperaturas inferiores àquelas observadas nas estações meteorológicas. Verificou que para temperaturas de 1°C a 3°C registradas no abrigo da estação meteorológica utilizada como referência, correspondem outras de 2°C a 3°C abaixo de zero na altura das inflorescências de trigo em muitas lavouras da região (Mota e Agendes, 1986).

Como medidas preventivas há a criação de cultivares resistentes ou pelo menos mais tolerantes às temperaturas baixas no período reprodutivo e medidas de natureza topoclimática. A topografia influi na acumulação e escoamento do ar frio no terreno que junto às lavouras, durante a noite de geada, pode afeta-lo severamente. Isto pode ser constatado quando por ocasião de geadas severas, certas lavouras não são afetadas enquanto outras são destruídas. Os terrenos menos propícios a ocorrência de geadas são as encostas elevadas, com mais de 10% de declive, os de espigão e os de configuração convexa com mais de 5% de declive. Devem ser evitadas baixadas e encostas baixas, espigões muito extensos e planos, terrenos de configuração côncava com baixo declive ou em bacias com gargantas estreitas a jusante (Mota e Agendes, 1986).

Há diversos graus de geada segundo a grossura da camada de gelo, que pode chegar a ser muito consistente.

2. DADOS E METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizados dados diários de ocorrência de geadas, no período de 1980 a 2003, cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos (CLIMERH), abrangendo a rede de estações meteorológicas sinóticas de Santa Catarina agrupadas em mesorregiões. Foram estudados os registros das trinta e três estações disponíveis, embora dessas, somente oito possuíssem registros em todo o período. Na Tabela 1, são apresentados todas as estações e anos com registros disponíveis. As mesmas foram identificadas por mesorregião, localização, coordenadas geográficas, altitude e número médio anual de ocorrências de geadas.

Tabela 1- Situação das estações meteorológicas com registros disponíveis de geadas.

Mesorregião	Estação	Latitude	Longitude	Altitude	Período de Registro	n° médio de ocorrências
Planalto Sul	Lages	27°49'S	50°20'W	937 m	1980-2003	21,62
	São Joaquim	28°18'S	49°56'W	1415 m	1980-2003	40,80
Planalto Norte	Porto União	26°14'S	51°04'W	778 m	1981-1989	3,88
	Major Vieira	26°51'S	50°20'W	765 m	1987-2003	16,17
	Rio Negrinho	26°14'S	49°35'W	862 m	1990-2003	10,21
	Matos Costa	26°29'S	51°09'W	1200 m	1991-2003	18,15
Oeste	Chapecó	27°07'S	52°37'W	679 m	1980-2003	8,80
	Itá	27°15'S	52°21'W	496 m	1981-2003	1,80
	S. Miguel do Oeste	26°47'S	53°30'W	700 m	1988-2003	6,90
	Xanxerê	26°42'S	52°20'W	841 m	1983-2003	16,00
	Itapiranga	27°10'S	58°38'W	200 m	1988-2003	3,25
	Ponte Serrada	26°52'S	52°01'W	1100 m	1987-2003	15,20
	Campo Erê	26°26'S	53°04'W	900 m	1987-2003	3,11
	Abelardo Luz	26°34'S	52°20'W	810 m	1989-1996	9,25
	Dionísio Cerqueira	27°17'S	53°37'W	850 m	1994-1996	5,00
Meio-Oeste	Caçador	26°46'S	51°00'W	960 m	1980-2003	20,20
	Campos Novos	27°24'S	51°12'W	952 m	1980-2003	15,50
	Videira	27°00'S	51°09'W	774 m	1980-2003	16,60
	Fraiburgo	27°03'S	50°56'W	1145 m	1980-1982	20,00
	Curitibanos	27°17'S	50°36'W	1016 m	1986-2003	23,60
	Lebon Regis	26°59'S	50°52'W	1040 m	1991-2000	37,40
Litoral Norte	Blumenau	26°54'S	49°04'W	40 m	2001-2003	1,00
	Indaial	26°54'S	49°16'W	150 m	1987-2003	0,80
	Itajaí	26°54'S	48°38'W	5 m	1984-2003	1,55
	Joinville	26°15'S	48°51'W	80 m	1997-2003	0,28
Litoral Sul	Urussanga	28°31'S	49°19'W	48 m	1980-2003	6,30
	Turvo	28°56'S	49°41'W	28 m	1995-2003	3,40
	Ararangua	28°55'S	49°29'W	12,3 m	1994-2003	1,50
Grande Fpolis	São José	27°35'S	48°34'W	2 m	1980-2003	0,87
	Florianópolis	27°38'S	48°33'W	34 m	2000-2003	0,50
Alto Vale Itajaí	Agrolândia				1991	0,00
	Ituporanga				1986-2003	5,00
	Rio do Campo				1994-2003	5,10

Os dados foram tabulados, segundo a ocorrência anual e mensal, tomando-se o cuidado de totalizar pelos dias de ocorrência anual e não pelo número total de cada estação. Isto porque a ocorrência de geada em uma determinada data pode se repetir por todo e Estado, em várias estações, o que superestimaria a ocorrência de geadas. Foram gerados também gráficos de ocorrência mensal e das estações com maior número de eventos no período de registros disponíveis.

Os dados disponibilizados pelo CLIMERH, para esse estudo, apresentam também a intensidade dos eventos. A geada é classificada, segundo a intensidade, a partir dos dados diários da temperatura mínima da relva, nas seguintes categorias: geada fraca (-2° a 0°C);

geada moderada (4° a -2°C); geada mediana (-6° a -4°C); geada forte (-8° e -6°C); geada muito forte (-10° e -8°C); geada extremamente forte (-12° e -0°C) e geada excepcional (abaixo de -12°C).

A partir dos gráficos foi procedida a análise, considerando-se também a situação em grande escala a partir da caracterização anual do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS).

3.RESULTADO E DISCUSSÕES

Em Santa Catarina, episódios de geadas são mais freqüentes entre maio e setembro, sendo junho e julho os meses com maior número de registros em quase todos os anos. Isso se deve, nesta época do ano, à maior freqüência de invasões de frentes frias e fluxos polares mais intensos no estado. Mas em alguns anos (30%) também foram registradas ocorrências no verão (dezembro a fevereiro), pois, embora com menor freqüência, as invasões frontais nesse período podem alcançar o Trópico. Além disso, a maior freqüência de geadas no verão ocorreu no oeste do Estado, onde a continentalidade e maiores altitudes favorecem a perda da radiação noturna.

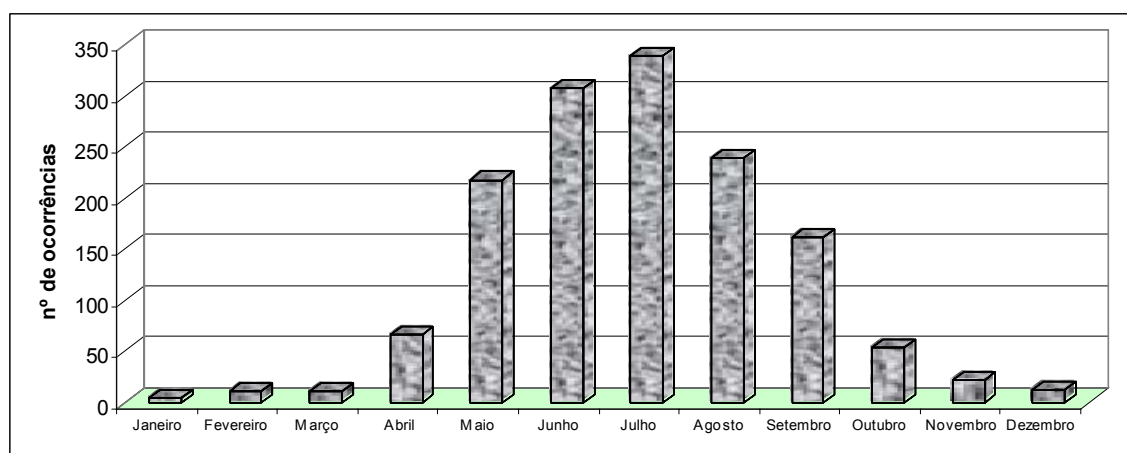



Fig. 1 – Ocorrências mensal de geadas em Santa Catarina (1980-2003)

Os municípios que mais são atingidos por ocorrências de geada no Estado de Santa Catarina estão apresentados na Figura 2, com destaque para São Joaquim localizado no Planalto Sul, e Lebon Regis no Meio Oeste, ambos com freqüência média em torno de 40 episódios de geada. São também destas duas mesorregiões as estações que apresentam número médio entre 24 e 15 ocorrências anuais. Entre os fatores geográficos que favorecem a ocorrência destacam-se as maiores altitudes e a continentalidade.

No Planalto Norte, com exceção de Porto União, o número médio de geadas ficou entre 18,5 (Matos Costa) e 10,21 (Rio Negrinho) ocorrências, evidenciando o papel da latitude nesta mesorregião, que combinada à altitude influencia na diferenciação registrada nas estações meteorológicas. Matos Costa (26°29'S) está a 1200 m de altitude e Rio Negrinho (26°14'S) a 862 m de altitude. O total médio de Porto União não representa a realidade regional pois, os registros disponíveis vão até 1989, não abrangendo os últimos 14 anos, quando foi significativamente maior o número de ocorrências.

Na mesorregião do Oeste, a média de ocorrência foi abaixo de 16, sendo maior a freqüência nas estações da porção Nordeste, na faixa hipsométrica de 800-1200 m; embora Campo Erê, a 900 m, tenha registrado a média anual de 3,11 ocorrências para um período de registro de 17 anos. Percebe-se que nessa mesorregião as altitudes diminuem de leste para oeste e de norte para sul, em função da resistência das rochas efusivas da Formação Serra Geral. No caso de Campo Erê a latitude pode ter influenciado na menor ocorrência de geadas.

Na mesorregião Litoral Sul, Urussanga (28°31'S) apresenta um número médio de 6,30 ocorrências anuais para um período de registro de 24 anos. Esta apesar da latitude mais alta está a 48m de altitude e mais sujeita à influência da maritimidade. Esses fatores também estão associados à baixa média de ocorrência de geadas nas estações das mesorregiões do Litoral Norte e Grande Florianópolis.

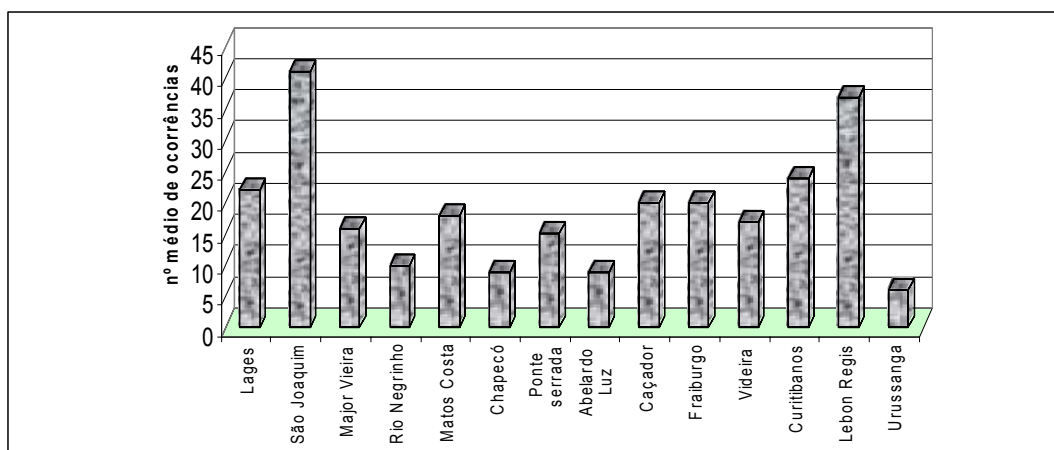



Figura 2 – Municípios catarinenses com maior registro de geadas (1980 – 2003).

Na Figura 3, observando-se a variação anual de ocorrências de geadas procurou-se relacionar a freqüência e intensidade com fenômenos que causam interferências na circulação da atmosfera global, como o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS).

Na sua fase positiva, El Niño, o fenômeno ENOS atua na intensificação do jato subtropical em altos níveis troposféricos, e este intensifica e bloqueia os sistemas frontais sobre a Região Sul, causando aumento significativo da precipitação pluviométrica para Santa Catarina. Na fase negativa, La Niña, a Região Sul do Brasil registra chuvas abaixo da média climatológica. O fenômeno ENOS, atuando sobre o ritmo de deslocamento das frentes, influencia também na variação térmica, de modo que anos de El Niño tendem a ser mais quentes do que anos de La Niña.

Algarve e Cavalcanti, citados por Algarve (17/06/04) analisaram características da atmosfera durante a ocorrência de geadas no Brasil de 1980 a 1989 e observaram que essas foram precedidas por sistemas que se deslocaram em um curto espaço de tempo, favorecendo a entrada mais rápida de massas frias. O primeiro sistema sinótico que entra sempre permanece próximo a região, favorecendo a permanência da alta pressão que será realimentada pelo deslocamento rápido dos outros sistemas que o sucedem.

De modo geral os sistemas passam mais rapidamente em anos de La Niña do que em anos de El Niño, quando tendem a ficar estacionários na Região Sul.

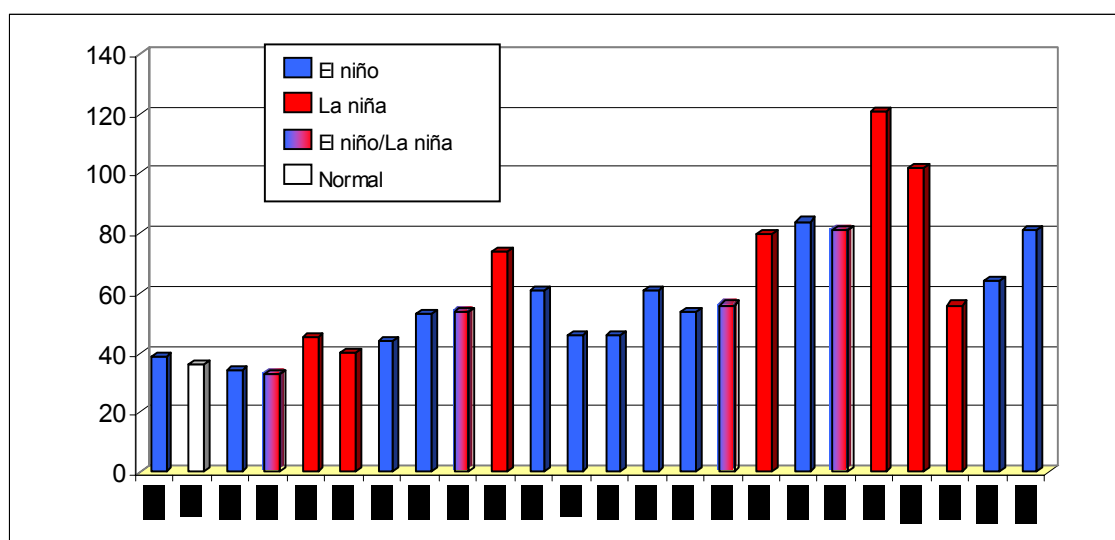



Figura 3 – Ocorrência anual de geadas em Santa Catarina relacionada com anos de El Niño e La Niña no período de 1980-2003.

Observando-se a freqüência anual de geada e comparando-a com a ocorrência do ENOS, verificou-se nos anos de La Niña um maior número de registros de geadas (Figura 3), destacando-se o evento de 1998-2001. O ano de 1999 apresentou o maior total de episódios de geadas nos 24 anos de registros disponíveis enquanto em 2000 ocorreram os mais intensos, principalmente no mês de julho. Em São Joaquim e Curitibanos foram registradas geadas excepcionais (abaixo de –12°C). Em 2000 também foram registrados episódios nas regiões costeiras: um em Florianópolis, seis em Indaial, oito em São José e 10 em Itajaí.

A partir dos anos 90, também foram registradas ocorrências de geadas na média (1990 e 1993) e acima da média (1997, 2002 e 2003) nos anos de El Niño. No ano de 1997 foi registrado o terceiro maior total de ocorrência de geadas em Santa Catarina, no período 1980-2003. Nesse ano o bloqueio das frentes ocorreu no estado do Rio Grande do Sul tendo o inverno em Santa Catarina sido relativamente seco. Em 1987, o número de ocorrências foi acima da média nas estações costeiras como Itajaí, Urussanga e São José. Em 1997 Urussanga e Turvo também registraram geadas fortes. No episódio El Niño 2002-2003, considerado de fraca intensidade, a ocorrência de geadas foi de intensidade de fraca a moderada em 2002 e de forte a muito forte em 2003; eventos extremamente fortes foram registrados apenas em São Joaquim. Em geral junho é o mês de maior ocorrência e intensidade das geadas em anos de El Niño.

Geadas mais intensas e no verão foram registradas independentemente das fases negativa e positiva do fenômeno ENOS.

As geadas registradas em janeiro, fevereiro e março ocorreram no Meio-Oeste principalmente em Lebon Regis e Curitibanos, a partir de 1987. Em São Joaquim foram registradas em 1994 e 2002, anos de El Niño. As geadas no início do ano, apresentam intensidade fraca à moderada e ocorrem em estações situadas na faixa hipsométrica de 800-1200 m. Ocorrências fora desse padrão foram registradas em Abelardo Luz, geada excepcional (abaixo de –12°C) em fevereiro de 1996, e na região costeira com geadas moderadas em Joinville (80 m) em janeiro de 1997 e em Turvo (28 m) e Urussanga (48 m) em fevereiro e março de 1998, respectivamente. Os anos de 1996 e 1998 caracterizaram-se por La Niña de fraca intensidade.

Geadas em novembro e dezembro foram registradas principalmente em São Joaquim, mas também em Lages e Curitibanos. Ocorrências eventuais foram registradas em Chapecó, geada mediana em novembro de 1991; em Xanxerê, três geadas fortes em dezembro de 1993; e em Ita, duas geadas fracas em dezembro de 2000.

Em geral a maior freqüência de geadas em abril e outubro está associada aos anos de La Niña, embora em 1997 tenham sido registrados 11 episódios, o maior número de ocorrência em abril nos 24 anos de registros disponíveis.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocorrência de geadas no Estado de Santa Catarina está relacionada a invasões polares rápidas e intensas, associadas ou não a perda de radiação noturna em noites de céu claro e de calmaria. Esse sistema atua com maior freqüência do outono a primavera e eventualmente no verão. O período de maior freqüência de geadas vai de maio a setembro, mas a partir de abril iniciam-se as primeiras invasões polares fortes, podendo causar as primeiras geadas. Esse período pode se estender a outubro e novembro. Em geral, as geadas precoces e tardias caracterizam-se por intensidade fraca a moderada, mas foram registrados, no período 1980-2003, episódios eventuais de maior intensidade. Observa-se que nos anos de La Niña foi maior o número de ocorrências de geadas, embora o ano de 1997, caracterizado como El Niño de intensidade forte tenha apresentado o terceiro maior total de ocorrências. Maior número de ocorrência de geadas precoces e tardias também estão associados aos anos de La Niña. As regiões de maior ocorrência de geadas estão nas mesorregiões do Planalto Sul, Meio Oeste, Planalto Norte e porção nordeste da Mesorregião Oeste. Nesta distribuição espacial influem, além das trajetórias sazonais dos sistemas polares, também os fatores geográficos. A latitude faz com que as áreas mais ao norte do estado registrem menor ocorrências de geadas ou pelo menos geadas de menor intensidade que a porção mais ao sul. Nas regiões costeiras também a ocorrência é menor e menos intensa devido à maritimidade, ou seja a ação termorreguladora do oceano. O relevo, em função da variação de altitude é o principal fator para que o planalto do estado possua uma ocorrência maior de noites frias e conseqüentemente de geadas. No oeste do estado, a continentalidade associadas às maiores altitudes aumenta a perda de radiação noturna possibilitando as geadas de radiação em qualquer época do ano. Observando-se os totais de ocorrência de geadas em algumas estações

desativadas a partir da década de 90, quando aumentou a freqüência de ocorrência de geadas, recomenda-se que estações como Porto União, Abelardo Luz, Dionísio Cerqueira, Fraiburgo, Lebon Regis e Agrolândia sejam reativadas para maior controle do fenômeno no estado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALGARVE, Viviane R. Geadas no Brasil. **Climanálise** 13. Disponível em: http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/geada.html. Acesso em: 17/06/04.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos; revisão de Suely Bastos. São Paulo: DIFEL, 1986.

EDEN, Philip; TWIST, Clint. **Gran Enciclopedia de Bolsillo: Tiempo y Clima.** Barcelona: Molino, 1997, p. 104-105.

FENÔMENO El Niño. **CLIMERH.** Disponível em: <http://.200.18.5.1/nino/index.html>. Acesso em 08 jun. 2003.

_____ La Niña. **CLIMERH**. Disponível em: <http://.200.18.5.1/nina/index.html>. Acesso em 08 jun. 2003.

HERRMANN, M. L. de P. **Levantamentos dos desastres naturais ocorridos em Santa Catarina no período de 1980 a 2000**. Florianópolis: IOESC, 2001, 89p.

MOLION, Luiz C. B.; FERREIRA, N. J.; MEIRA FILHO, L. G. **O uso de satélites ambientais para o monitoramento de geadas**. São José dos Campos: INPE, jun. 1981 (INPE-2128-RPE/352).

_____. ENOS e o clima no Brasil (INPE). In: **Ciência Hoje**. Rio de Janeiro, SBPC, n°58, p. 24-29, 1989.

MOTA, Fernando S da. **Meteorologia Agrícola**.São Paulo: Nobel , Biblioteca Rural, 1983, p. 317-318.

_____; AGENDES, Marisa O. de O. **Clima e Agricultura no Brasil**. Porto Alegre: Sagra, 1986, p. 51-70.

NIMER, Edmon.. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro, IBGE, 1989.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. Subsecretaria de Estudos Geográficos e Estatísticos. **Atlas Escolar de Santa Catarina**.Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. Subsecretaria de Estudos Geográficos e Estatísticos. Rio de Janeiro, Aerofoto Cruzeiro, 1991, 96p. tab. gráf.

SCHRÖDER, Rudolf. **Climatologia Agrícola na Região da Bacia Paraná-Uruguai**. Relatório à Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai. São Paulo, 1961, p.72-77.

DISTRIBUIÇÃO DOS DESASTRES NATURAIS NO ESTADO DE SANTA CATARINA: ESTIAGEM (1980 – 2003)

EDSON F. GONÇALVES[1]
GUSTAVO SOUTO FONTES MOLLERI[1]
FREDERICO DE MORAES RUDORFF[1]

[1]GEDN – Grupo de Estudos de Desastres Naturais
Departamento de Geociências
Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa Postal. 476 - 88.040-900 – Florianópolis - SC, Brasil
gedn@grupos.com.br

GONÇALVES, E. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. Distribuição dos desastres naturais no Estado de Santa Catarina: estiagem (1980 – 2003). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.773-786. (CD-ROM)

RESUMO

Estiagem é considerada atualmente um dos desastres naturais de maior ocorrência e impacto no mundo. Isto se deve ao fato de que ela ocorre em longos períodos e abrange grandes áreas, influenciando nos regimes hídricos e conseqüentemente causando prejuízos para a economia (agricultura, pecuária e geração de energia) e para o bem estar da sociedade (qualidade de vida). O Estado de Santa Catarina vem constantemente sofrendo grandes prejuízos com a estiagem. No período de 2003/2004, ocorreu uma das estiagens mais longas e mais prejudiciais, registrando-se um número recorde de municípios que decretaram situação de emergência no Estado (aproximadamente de 46%). O presente trabalho visa fornecer uma visão abrangente do fenômeno, identificando alguns dos seus principais condicionantes físico-estruturais e sócio-econômicos., quando finalmente é realizada uma análise espacial e temporal das ocorrências de estiagem em Santa Catarina no período 1980 – 2003. E posteriormente, em referência ao período de 2003/2004, é realizado um levantamento dos prejuízos e danos gerados.

Palavras–chave: estiagem, seca, distribuição, Santa Catarina.

SPATIAL DISTRIBUTION OF NATURAL HAZARDS IN SANTA CATARINA STATE, BRAZIL: DROUGHT

ABSTRACT

Drought is considered to be one of the most frequent and damaging natural hazards of the world. Since it lasts for long periods of time and spreads over the surface of extensive areas, influencing in the hydrological system of the region and consequently in the economy (agriculture, cattle breeding and energy generation) and in the society (quality of life). The State of Santa Catarina has been suffering great damages in consequence of the drought occurrences. Within the period of 2003/2004 the largest numbers of municipalities (around 46%) were placed under the state of public emergency as a result of one of the most damaging and longest droughts. This paper intends to provide a broad view of this phenomenon. The main physical and socio-economical agents were identified. A spatial and temporal analysis of the drought occurrences in the State of Santa Catarina during 1980–2003 is carried out as well as a data collection of the damages caused during 2003-2004**.**

Key- words: drought, distribution, Santa Catarina.

1. INTRODUÇÃO

No Estado de Santa Catarina, as estiagens (termo utilizado pelo Departamento de Defesa Civil), estão entre os fenômenos que causam desastres naturais com os maiores períodos de duração, se, por exemplo, comparados com o tempo de duração de enchentes,

enxurradas e deslizamentos. Os prejuízos à economia do Estado são enormes, afetando tanto economicamente como socialmente a população catarinense.

O objetivo deste artigo é desenvolver uma visão abrangente do fenômeno estiagem no Estado de Santa Catarina, apresentando sua distribuição temporal e espacial relativa ao período 1980-2002. É também enfatizado o evento referente ao período de 2003-2004.

Para isso foi realizada abordagem referente aos aspectos conceituais, levantamento e posterior análise de dados obtidos juntamente ao Departamento Estadual de Defesa Civil do Estado de Santa Catarina.

2. ASPECTOS CONCEITUAIS

Conforme mencionado acima, é traçada uma delimitação entre os conceitos de estiagem e seca, no sentido de estabelecer pressupostos conceituais entre as terminologias utilizadas por alguns órgãos governamentais brasileiros, e também relacionar ao utilizado atualmente pela comunidade científica internacional.

Segundo Castro (1998), o conceito de Estiagem refere-se a um *"período prolongado de baixa pluviosidade ou sua ausência, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição",* já o conceito de Seca, é tratado como:

> *"ausência prolongada, deficiência acentuada ou fraca distribuição de precipitação; período de tempo seco, suficientemente prolongado, para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico; numa visão sócio-econômica, a seca depende muito mais das vulnerabilidades dos grupos sociais afetados que das condições climáticas".* [1]

Em consulta realizada ao glossário do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2004), o termo Estiagem não está incluído dentre a terminologia oficial utilizada. O glossário refere-se à seca como *"clima excessivamente seco numa região específica. Devendo ser suficientemente prolongado para que a falta de água cause sério desequilíbrio hidrológico".*

Conforme Campos (1997), podemos citar três tipos de secas: a Seca Climatológica, que ocorre quando a pluviosidade é baixa em relação às normais da área; a Seca Hidrológica, quando a deficiência ocorre nos estoques de água dos rios e açudes e a Seca Edáfica quando o déficit de umidade é constatado no solo.

Segundo o glossário de meteorologia da Associação Americana de Meteorologia (AMS, 2004), *"*Drought*"* refere-se a um período anormal de tempo seco, suficientemente

[1] Base conceitual utilizada pelo Departamento de Defesa Civil brasileiro.

longo para causar um sério desequilíbrio hidrológico. Tratando-se de um termo relativo às características normais de precipitação de cada área e as atividades nela desenvolvidas. Ainda conforme a AMS, a climatologia britânica por sua vez, considera *"*Drought*"* como um período de no mínimo 15 dias em que tenha ocorrido um decréscimo na precipitação diária. A AMS divide a seca em dois tipos: agrícola e hidrológica. Considerando a seca agrícola, é enfatizado que para se ter constatado o fenômeno *"*Drought*",* pode ser utilizado o índice desenvolvido por Palmer (1965). Este índice compara a quantidade de precipitação (em uma área durante determinado período de tempo) com a quantidade média esperada no mesmo período para as atividades agrícolas.

Segundo o *National Drought Mitigation Center* (NDMC 2004), *"drough"* é um fenômeno que ocorre em todas as zonas climáticas, mas suas características variam significativamente de uma região para a outra. Este instituto considera *"drought"* como uma anomalia temporária originada pela deficiência na precipitação durante um longo período de tempo, geralmente por uma estação do ano ou mais. Esta anomalia é caracterizada por afetar atividades econômicas, grupos sociais e ecossistemas. Para o NDMC, *"Drought"* não pode ser visto como um fenômeno estritamente físico ou como um evento natural, seus impactos na sociedade resultam da relação entre os eventos naturais (déficit pluviométrico) e a demanda social existente. O NDMC considera o exemplo da Austrália, onde os órgãos responsáveis estabelecem um nível base de normalidade das variações climáticas para a identificação de um estado de seca. A declaração de um estado de seca considera o conhecimento dos agricultores de diferentes locais, sendo que nas áreas semi-áridas existe assistência contínua ao longo dos anos.

2.1 Condicionantes

Conceituando a vulnerabilidade, CASTRO (1998) afirma que as condições intrínsecas a um sistema, em interação com a magnitude de um evento, caracterizam os efeitos adversos e os danos prováveis. O autor apresenta essas condições como fatores de causa, por exemplo: fatores condicionantes físicos e antrópicos de uma determinada área. Abaixo apresentamos como condicionantes algumas das características físico-estruturais e antrópicas que em interação com determinado evento (estiagem), caracterizam efeitos adversos e danos.

2.2 Condicionantes Físico-Estruturais

Muitos dos episódios de estiagem que ocorreram no sul do Brasil estão relacionados com a ocorrência de fenômenos globais relacionados com o comportamento da temperatura das águas do oceano Pacífico tropical (próximo à costa do Peru) associado aos campos de pressão (representados pelo Índice de Oscilação do Sul). Estes fenômenos alteram o padrão de circulação da atmosfera que influenciam no comportamento do clima em diferentes regiões do mundo, gerando anomalias climáticas, ou seja, desvios em relação ao clima normal, que duram em média de 6 a 18 meses (CUNHA, 1998).

No caso do Brasil, a parte norte da Região Nordeste e o leste da Amazônia (na faixa tropical) e a Região Sul (na faixa extra-tropical), são as regiões do país que mais sofrem com as fases do fenômeno El Niño-Oscilação do Sul (ENOS) - este possui duas fases: uma quente “El Nino” e outra fria “La Nina”. Estes fenômenos são responsáveis por gerar anomalias climáticas, dentre as mais conhecidas estão as relacionadas ao regime das chuvas. De modo geral, as anomalias de chuva relacionadas com o El Niño (águas do Pacífico tropical quentes e Índice de Oscilação do Sul negativo) e com a La Niña (águas do Pacífico tropical frias e Índice de Oscilação do Sul positivo) atingem as mesmas regiões nos mesmos períodos do ano, porém de forma oposta. Ou seja, naquelas regiões onde em anos de El Niño há excesso de chuvas, nos anos de La Niña pode ocorrer seca (CUNHA, 1998).

Particularmente no sul do Brasil, tem-se excesso de chuvas nos anos de El Niño e estiagem em anos de La Niña. Apesar da influência dar-se durante todo o período de atuação desses eventos, há duas épocas do ano que são mais afetadas pelas fases do ENOS. São elas: primavera e começo de verão (outubro, novembro e dezembro), no ano inicial do evento, e final de outono e começo de inverno (abril, maio e junho), no ano seguinte ao início do evento. Assim, nessas épocas, as chances de chuvas acima do normal são maiores, em anos de El Nino, e chuvas abaixo do normal, em anos de La Niña.

Durante La Niña, observa-se precipitação pluvial abaixo da média na maioria dos meses do ano. Os meses de maiores anomalias negativas são a primavera e início de verão do ano de início do fenômeno com um “repique” no outono e início do inverno do ano seguinte (BERLATO, 2004).

No século passado, registrou-se a ocorrência dos seguintes episódios La Niña: 1983-1984; 1984-1985; 1988-1989; 1995-1996 e 1998-2001 (INPE/CPTEC, 2004).

Segundo Monteiro (2004), os principais sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas no Estado são as frentes frias, vórtices ciclônicos, os cavados de níveis

médios, a convecção tropical, a ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) e a circulação marítima.

Além de fatores climáticos de escala global, as características regionais e físico-estruturais podem ser elementos condicionantes na ocorrência, período de duração e na intensidade de danos do fenômeno. As formas de relevo e a altitude da área, por exemplo, podem condicionar o deslocamento de massas de ar, interferindo na formação de nuvens e na precipitação. Monteiro (2004) enfatiza que variações espaciais do clima são conseqüência de diversos sistemas atmosféricos associados às diferenças de altitudes existentes entre o Planalto e outras regiões. Algum destes sistemas acima citados, por exemplo, podem perder força e umidade ao avançarem sobre o planalto, pois precisam superar as grandes altitudes da Serra Geral da Encosta Atlântica do próprio planalto. As formas de relevo, portanto, formam verdadeiros obstáculos possuindo em alguns locais com uma altitude de 1800 metros e diferença altimétricas de 1200 metros em trechos de apenas vinte quilômetros.

O relevo seria, portanto, uma das explicações para justificar a ocorrência de secas no oeste catarinense se desconsiderado que esta região possui o excedente hídrico anual mais alto do estado, segundo Santa Catarina (1986).

Excedente hídrico refere-se ao volume de precipitação que ultrapassa a capacidade do solo para retenção de umidade, neste caso, 125 mm. O oeste catarinense é apresentado climatologicamente por Santa Catarina (1986) com isoietas cujos valores de excedente hídrico estão na ordem de 100 até >1400 mm, caracterizando os maiores valores registrados com dados de 28 estações distribuídas em todo o estado.

A região oeste do estado, ainda segundo Santa Catarina (1986), também apresenta os maiores índices de precipitação anual, chegando ao máximo registrado no estado, tendo valores que variam de 2000 até >2400 milímetros anuais.

O padrão estrutural da rede hidrográfica, por exemplo, pode também ser caracterizado como um dos condicionantes físicos que interfere na propensão para a construção de reservatórios e captação de água. As características do substrato geológico também são fatores que influenciam diretamente na formação de reservatórios subsuperficiais, na intensidade e no tempo em que ocorre o acúmulo de água. A organização do substrato por sus vez, pode influenciar na estrutura necessária para a implementação de poços e ponteiras e na utilização de equipamentos e técnicas mais ou menos aperfeiçoadas para a extração de água.

O porte da cobertura vegetal pode também ser caracterizado como um dos condicionantes, pois retém umidade, reduz a evapotranspiração do solo, e bloqueia a insolação direta no solo, o potencial erosivo e conseqüentemente os danos ao homem.

2.3 Condicionantes antrópicos

As atividades econômicas exercidas em uma dada área podem também ser caracterizadas como condicionantes para a ocorrência de danos frente à anomalias climáticas. Municípios com economia totalmente apoiada em extrativismo vegetal, por exemplo, podem sofrer prejuízos econômicos proporcionalmente grandes. Dependendo especificamente do porte da cultura realizada, da necessidade de irrigação, e da importância desta na economia no município, os danos podem apresentar magnitudes economicamente catastróficas.

O abastecimento por sua vez é comprometido de acordo com a capacidade de armazenamento, estruturação da rede hidrográfica e também conforme o planejamento e capacidade dos órgãos administrativos da unidade territorial afetada ou dos órgãos gestores dos recursos hídricos locais.

Situações de estiagem, portanto, podem não ser conseqüência somente de índices pluviais abaixo do normal ou de teores de umidade de solos e ar deficitários, mas também pode ser conseqüência de um manejo inadequado de corpos hídricos e de toda uma bacia hidrográfica. Neste caso a estiagem existe, no entanto, não como resultado especificamente de um fenômeno climatológico, mas também da ação antrópica desordenada no ambiente. As conseqüências nestes casos podem assumir características muito particulares, a ocorrência de desastres, portanto, pode ser condicionada pelo efetivo manejo dos recursos naturais realizado na área.

2.4 Conseqüências

Considerando como base os estudos do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e da Comissão Econômica para a América Latina e Caribe (CEPAL) *apud* Filho (2003), conclui que o conceito de desastre pressupõe a ocorrência de dois fatores: a ameaça de ocorrência de um evento adverso e a vulnerabilidade da sociedade e dos bens. Segundo o autor, a ameaça refere-se à probabilidade da ocorrência de um fenômeno físico capaz de ocasionar danos. As conseqüências podem estar relacionadas a extrativismos, abastecimento doméstico, geração de energia, produção industrial, prestação de serviços,

atividades de lazer e turismo, repercutindo também em outros fenômenos, como queimadas e intensificação da erodibilidade dos solos.

3. METODOLOGIA

3.1 Distribuição espacial no Estado de Santa Catarina

O levantamento de dados para a espacialização da ocorrência de estiagem teve como base os registros de avaliação de danos protocolados pelo Departamento Estadual de Defesa Civil do Estado de Santa Catarina. É importante, neste caso, ter claro que os dados refletem a existência de danos referentes a estiagens cujos impactos tiveram como conseqüência à necessidade, por parte do município, da decretação de situação de emergência. A partir da coleta, leitura e identificação das ocorrências de estiagem, os dados foram classificados de acordo com o município atingido, danos e data da ocorrência do desastre. Estas informações foram utilizadas na criação de um banco de dados vinculado a um sistema geográfico de informações (SIG). O resultado da análise quantitativa dos dados permitiu a visualização da distribuição espacial em classes e a evolução temporal da ocorrência de estiagens no estado. As classes da distribuição espacial de freqüência de estiagens foram determinadas a partir dos parâmetros estatísticos média e desvio padrão.

Assim os municípios que apresentaram freqüência abaixo de um desvio padrão inferior foram classificados como ocorrência muito baixa; entre um desvio padrão inferior e a média como ocorrência baixa; igual à média como ocorrência média; entre a média e o desvio padrão superior como ocorrência alta e acima de um desvio padrão superior como ocorrência muito alta. Uma vez estabelecidas as classes, foram realizadas consultas ao banco de dados para visualização, geração de planos temáticos e posterior geração do mapa (RUDORFF, 2004).

3.2 Estiagem 2003 e 2004

Para a análise sócio-econômica da estiagem 2003/2004, foram levantados dados referentes ao impacto desta na produção agrícola do Estado e na questão do abastecimento de água.

Os dados apresentrados em referência ao levantamento dos impactos na produção são do IBGE (Quadro 1), disponibilizados pelo Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina (INCEPA, 2004).

Quadro 1 - Comparativo das safras 2002/03 e 2003/04 (IBGE/GCEA/SC, Abril/04).						
PRODUTO	**ÁREA PLANTADA (ha)**			**PRODUÇÃO (t)**		
	02/mar	**03/abr**	**Variação (%)**	**02/mar**	**03/abr**	**Variação (%)**
Feijão 1ª safra	105.026	102.000	-2,9	136.694	112.000	-18,1
Feijão 2ª safra	41.916	35.000	-16,5	51.932	29.500	-43,2
Milho	856.427	813.000	-5,1	4.310.934	3.450.000	-20
Soja	257.086	315.500	22,7	712.175	651.500	-8,5

Outro dado utilizado é o do levantamento de perdas realizado pela Prefeitura do Município de Chapecó, um dos municípios mais atingidos pela estiagem, que pode ser visualizado na Tabela 3 abaixo. É interessante notar que o município realizou, também, um levantamento das perdas na produção de leite, um setor importante na economia e que sofre com a estiagem tanto quanto o dos produtos agrícolas.

Quadro 2 - Levantamento de perdas com estiagem- Município de Chapecó (Prefeitura de Chapecó, 2004).				
2. Produção agrícola				
Produto	**Área plantada (ha)**	**Produção (t)**		**Total perdas (%)**
		Esperada	**Perdas estiagem**	
Feijão 1ª safra	1300	1560	156	10%
Feijão 2ª safra	1000	1200	840	70%
Milho cedo	12000	64800	5184	8%
Milho tarde	2200	9240	6468	70%
Soja	5500	14850	5940	40%
3. Produção pecuária				
Produto	**Unidade**	**Esperada**	**Perdas Estiagem**	**Total perdas (%)**
Leite	Litros/mês	1.253.000	451.080	36%

O diagnóstico da situação do abastecimento de água nos municípios foi fornecido pela Gerência de Desenvolvimento Operacional da Companhia Catarinense de Água e Saneamento (CASAN), em um boletim estatístico interno referente ao dia 06/04/2004 (Quadro 2). Cabe salientar que este diagnóstico não avalia o quadro total de ocorrências, mas situação referente à data já citada. Nesta data, devido a episódios de chuvas, muitos municípios que chegaram a sofrer com problemas no abastecimento não foram citados, pois os níveis dos reservatórios já haviam voltado ao normal.

Quadro 3 - Situação do abastecimento de água nos municípios afetados pela estiagem em Santa Catarina em 2004. (CASAN, 2004)						
Município	**Capacitação**	**Situação do Município**	**Situação de Abastecimento**	**População Urbana**	**Percentual Abastecido**	**Observação**
Guaraciaba	superf./São Domingos	Emergência	Insuficiente	4.622	89,5	A Estação de Tratamento está funcionando com 70% da capacidade
São Miguel do Oeste	superf./ Rio Flores	Emergência	Insuficiente	29.019	73,6	O sistema está operando em racionamento
Caibí	superf./Rio São Domingos	Emergência	Insuficiente	3.224	98,8	A Estação de Tratamento está operando com < de 50% da capacidade total
Coronel Freitas	Poços	Emergência	Insuficiente	4.720	100	A Estação de Tratamento está operando com 45% da capacidade
Cunhutaí	subter./ poços	Emergência	Insuficiente	355	100	Poços com vazão de captação reduzida
Quilombo	superf./Rio Chapecó	Emergência	Insuficiente	4.955	100	O sistema está operando em racionamento
Galvão	superf./ Rio Saudade	Emergência	Insuficiente	2.627	75,8	Manancial com vazão de captação reduzida
Xanxerê	superf./ Rio Ditinho	Emergência	Insuficiente	34.855	63,1	Manancial com vazão de captação reduzida
Peritiba	superf./ Rio Arroio das Formigas e Veados	Emergência	Alerta	1.396	98,8	Rios estão todos secos.Atendimento com caminhão pipa.
Seara	superf./ Rio Caçador	Emergência	Insuficiente	10.044	93,7	A Estação de Tratamento está operando < de 50% de capacidade total
Herval Velho	subter./ poços	Emergência	Insuficiente	2.283	95,8	O sistema está operando em racionamento
Arroio Trinta	subter./ poços	Emergência	Insuficiente	2.220	100	A Estação de Tratamento está operando 80% da capacidade

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo da breve abordagem referente aos aspectos conceituais é possível constatar que para a comunidade científica internacional, os termos: Seca e Estiagem podem ser resumidos no termo "*Drought*". É possível observar também que no Brasil os termos Estiagem e Seca são em alguns casos utilizados para definir fenômenos relativamente parecidos. Castro (1996) enfatiza que quando comparada com a seca, a estiagem é caracterizada por ser menos intensa e com períodos menores de tempo. Apesar de também afirmar que a Seca é uma *"*estiagem prolongada*"* que provoca uma redução sustentada das reservas hídricas, o autor não apresenta parâmetros para a delimitação de um caso ou outro. Vemos a necessidade de que seja realizada uma delimitação com base em parâmetros fixos, pré-estabelecidos, no sentido de deliberar quanto ao uso de um termo ou outro. Aqui se usa o termo Estiagem, partindo do pressuposto de que os dados deste

artigo referem-se a fenômenos denominados oficialmente como Estiagem pelo Departamento Estadual de Defesa Civil.

Considerando a análise referente ao período entre os anos de 1980 e 2003, os dados referentes às ocorrências de estiagens e secas são apresentados abaixo (Gráfico 1). A distribuição temporal abaixo, proporciona a realização de múltiplas análises em referência a ocorrência do fenômeno no estado, enfatiza-se neste breve artigo apenas uma análise comparativa entre os períodos de estiagem e a ocorrência do fenômeno La Niña (anteriormente citado).

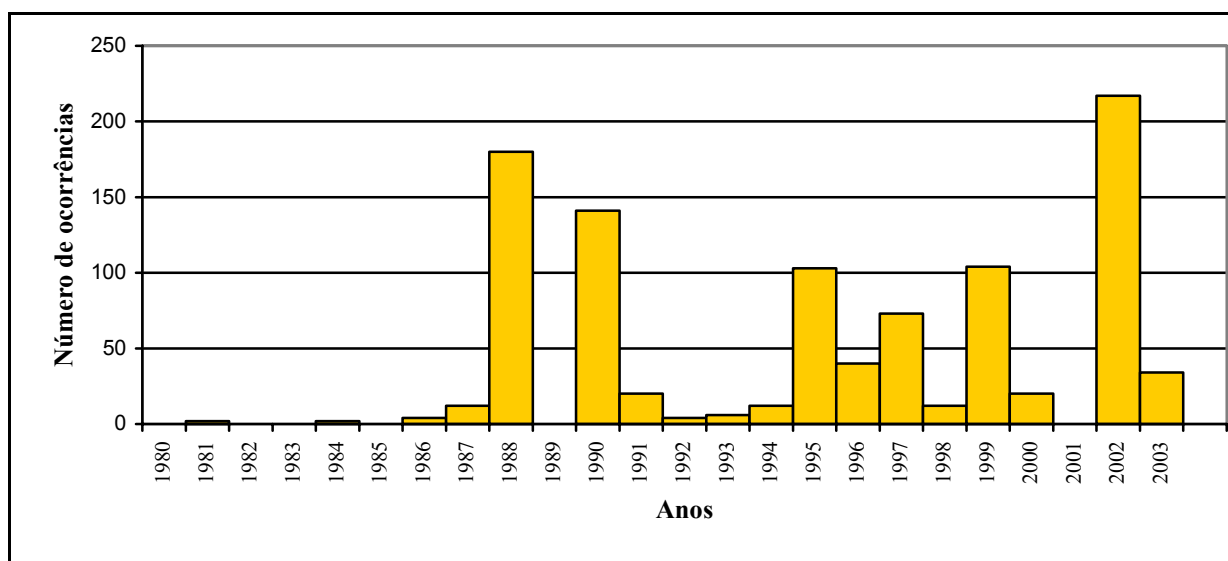



Gráfico 1 - Distribuição temporal das ocorrências de estiagens em Santa Catarina (GEDN, 2004)

Tentando realizar uma análise comparativa entre os anos correspondentes às ocorrências fenômeno global La Niña e os períodos de estiagens registrados no estado, observa-se no gráfico acima que os anos *1988, 1995 e 1999* corresponderam a períodos de estiagem em anos com influência do fenômeno. É importante ressaltar a importância da análise comparativa, no sentido de efetivação e comprovação dos dados do levantamento apresentado neste trabalho e a situação meteorológica global no período correspondente.

Quanto à distribuição espacial do fenômeno no estado, como pode ser observado no mapa abaixo, os municípios mais afetados estão em sua grande maioria localizados nas mesorregiões do oeste e planalto catarinense, com exceção de nove, dos quais três localizados na Mesorregião do vale do Itajaí, dois na Mesorregião da grande Florianópolis e um na Mesorregião Sul Catarinense. Um fato interessante, é que a maioria dos municípios em cor laranja-escuro (os mais afetados), apresentam seu território banhado pela rede hidrográfica da bacia do Rio Uruguai. Nestas áreas destaca-se a suinocultura e avicultura, atividades que possivelmente ao longo dos anos aumentaram significativamente

a carga orgânica nos rios. E que por se tratarem de atividades potencialmente poluidoras podem potencialmente comprometer a estruturação de sistemas de irrigação e abastecimento.

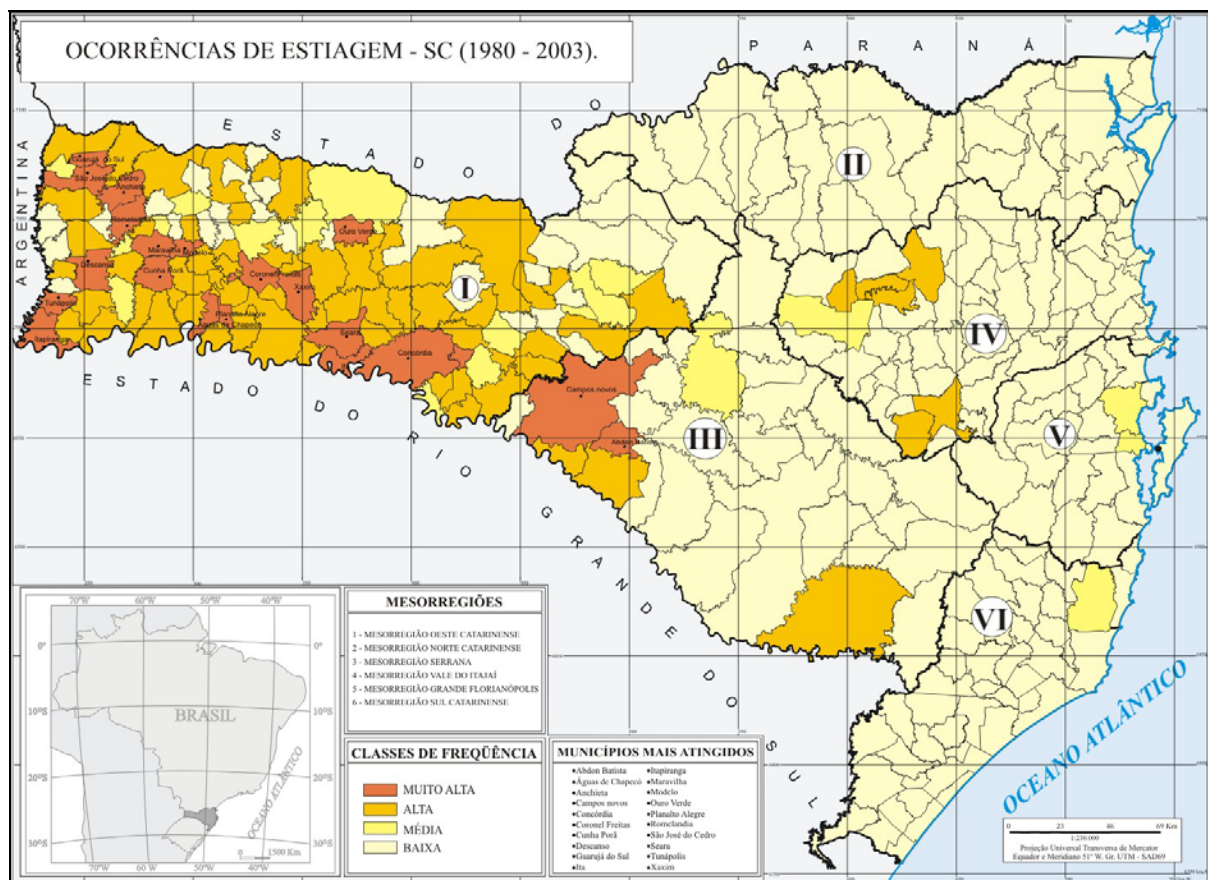



Figura 1 - Distribuição espacial das ocorrências de estiagens em Santa Catarina (GEDN, 2004)

No ano de 2004, o Estado de Santa Catarina chegou a apresentar 135 municípios em situação de emergência devido à estiagem, isto corresponde a, aproximadamente, 46% dos municípios do Estado (DEFESA CIVIL, 2004).

Segundo o Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos (CLIMERH/SC), a deficiência no volume pluviométrico tem ocorrido desde outono de 2003, caracterizando-se por baixa pluviosidade e má distribuição das chuvas. Neste mesmo ano, o mês de agosto apresentou-se como o mais crítico registrando-se baixos índices pluviométricos por todo o Estado.

Em 2004, os meses do verão têm apresentado poucas chuvas, sendo que em alguns municípios do Extremo-Oeste, Planalto Norte, Alto Vale e Litoral Sul, não choveu nem a metade da média climatológica destes meses. Além da pouca chuva, nesse período as horas de brilho solar são as maiores do ano e contribuem no aumento da evaporação, o que resulta em maiores perdas de umidade do solo e no rebaixamento do nível das águas dos

lagos, lagoas e rios. Esta situação crítica resultou, em algumas regiões, na necessidade de racionamento de água tanto para uso doméstico como para atividades agropecuárias. Na agricultura, houve queda na produção de milho, fumo e feijão.

O Levantamento do Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina (ICEPA) calculou que as perdas com a estiagem chegam a aproximadamente R$ 806 milhões de reais. Segundo este mesmo instituto, a maior perda foi a do milho atingindo um prejuízo de aproximado R$ 645 mil toneladas.

No Estado, muitos municípios sofreram com problemas de abastecimento de água devido a diminuição no nível dos reservatórios. Esta diminuição fez com que prefeituras racionassem o abastecimento, ou até utilizassem caminhões pipas para suprir a demanda dos municípios. A estiagem em 2003/2004 foi tão intensa que em muitos municípios os as nascentes e até mesmo os rios secaram, como é o caso do Município de Peritiba (verificar tabela 2). Isto demonstra que os reservatórios não estão sendo o suficiente, fazendo-se necessário à implementação de políticas voltadas a melhor utilização dos recursos hídricos que prevejam a ocorrência de fenômenos como a estiagem e que impeçam a má utilização deste recurso.

5. CONCLUSÃO

O fenômeno da estiagem é caracterizado essencialmente por uma deficiência pluviométrica durante um determinado período (meses ou anos). Este déficit é resultado de uma série de fatores que atuam em diferentes escalas. Não trata-se somente de características climáticas ou meteorológicas, mas também de fatores estruturais e antrópicos, podendo ocorrer também em áreas de elevado excedente hídrico. O seu conceito merece a realização de estudos no sentido de buscar uma parametrização física para identificar efetivamente a ocorrência do fenômeno.

Em Santa Catarina, a estiagem afeta um grande número de municípios, entretanto, a região oeste é a que apresenta a maior incidência de ocorrências. Dentre as conseqüências evidenciadas através dos levantamentos, pode-se concluir que os setores de produção agropecuária e o de serviços referentes ao abastecimento foram os que mais apresentaram danos no estado.

6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho contou com o apoio e auxílio do Departamento Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina – DEDC/SC e do Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres CEPED da UFSC.

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY (AMS). **Glossary of Meteorology.** Disponível em: <http://amsglossary.allenpress.com/glossary/> Acesso em: 6 mai. 04;

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; PUCHALSKI L. **Precipitação pluvial normal e riscos de ocorrência de deficiência pluviométrica e deficiência hídrica no Rio Grande do Sul.** Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/agromet/ >Acesso em: 22 mai. 04;

CAMPOS, J. N. B.; NETO, J. F. V. e MARTINS, E. S. **Vulnerabilidade de Sistemas Hídricos: um estudo de caso.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH. Volume 2 Nº1 jun. de 1997;

CENTRO INTEGRADO DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – CLIMERH. **Estiagem verão de 2004.** Disponível em: <http://www.climerh.rct-sc.br/estiagem.html> Acesso em: 23 jun. 04;

CENTRO DE PREVISÃO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). **El Niño e La Niña.** <http://www.cptec.inpe.br/enos/> Acesso: 8 jun. 04;

CASTRO A. L. C. **Glossário da Defesa Civil: estudos de riscos e medicina de desastres.** Brasília: MPO, Departamento de Defesa Civil, 1998. 283 p.;

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). **Boletim Estatístico Interno.** Florianópolis. 2004, S/N.;

CUNHA, G. R. **La Niña e a agricultura no sul do Brasil.** Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/agromet/ > Acesso em: 22 mai. 04. Revista Agromet;

DEFESA CIVIL DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Notícias do Estado.** Disponível em: <http://www.defesacivil.sc.gov.br> Acesso em: 30 mar 04;

FILHO, J. S. **Instrumentos políticos e riscos ambientais urbanos.** Revista de Ecologia do Século 21, Rio de Janeiro: Tricontinental 2001;

INSTITUTO CEPA/SC. **Comparativo das safras 2002/03 e 2003/04** (IBGE/GCEA/SC, Abril/04);

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Glossário Meteorológico.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/informacoes/glossario/glossario.html> Acesso em: 6 mai. 04;

MONTEIRO, M. A. **Caracterização Climática do Estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano**. Revista Geosul, Florianópolis: Jan./Jun. v.16,n.31,p.69-78;

NATIONAL MITIGATION CENTER (NDMC). **Drought: Overview**. Disponível em: <http://www.drought.unl.edu/> University of Nebraska / Lincoln. Acesso em: 12 jun. 04;

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE CHAPECÓ. **Prefeitura Prorroga Decreto de Emergência Pelas Perdas da Estiagem.** Disponível em: <http://www.chapeco.sc.gov.br/> Acesso em: 25 jun. 04;

SANTA CATARINA. Secretaria do Estado de Coordenação Geral e Planejamento. **Atlas escolar de Santa Catarina.** Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1991. 96p.;

UNDP – United Nations Development Program. **Reducing disaster risk: a challenge for development**. New York: UNDP, 2004. 130p.;

CHUVAS TORRENCIAIS NO ESTADO DE SANTA CATARINA

PÉRICLES ALVES MEDEIROS[1]
NERILTON NERILO[2]
ADEMAR CORDERO[3]

[1]Depto. Eng. Sanitária e Ambiental da UFSC / Campus Trindade / Florianópolis
[2]RTK Consultoria Ltda – Av. Rio Branco 404, Florianópolis
[3]Depto. Eng.Civil – FURB / Rua Araçatuba 83 / Blumenau
pericles@ens.ufsc.br,nerilton@rtkeng.com.br,cordero@furb.br

MEDEIROS, P. A.; NERILO, N.; CORDERO, A. Chuvas torrenciais no estado de Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.787-794. (CD-ROM)

RESUMO
Para todo o estado de Santa Catarina, os dados da chuva máxima diária de cada ano da série, e as precipitações anuais de 1923 a 1997, foram obtidos na EPAGRI. O número total de estações pluviométricas foi de 202. O método das relações entre chuvas de diferentes durações foi utilizado. Um adequado traçado de isoietas permitiu a visualização das chuvas intensas e anuais para todo o estado de SC. As zonas mais críticas foram claramente detectadas.
Palavras-chave: chuvas intensas, chuvas torrenciais, pluviometria, isoietas.

ABSTRACT:
For the whole Santa Catarina state, from 1923 to 1997, maximum daily rain and annual rainfall data have been collected at EPAGRI. The total of processed rain gauges was 202. Different rains duration relationship method was used. A suitable isoyethal chart enabled the visualization of annual and intense rains for the whole state area. The critical zones were clearly identified.
Key words: intense rains, pluviometry, rainfall isoyeths.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil e, em especial, em SC, os projetistas da área de Hidrologia tem sentido a falta de equações de chuvas intensas para o local do projeto. Isso é devido à grande extensão territorial e falta de pluviógrafos funcionando e com equação já estabelecida. Enquanto essas equações não estão disponíveis, um método preliminar alternativo e barato é aqui proposto. A origem deste estudo situa-se na dissertação de mestrado de Nerilo (1999) a qual abordou extensivamente a pluviometria e as chuvas intensas em todo o estado de SC. Salvo melhor juízo, este foi o primeiro trabalho deste tipo e com essa área de cobertura, em Santa Catarina. Mais tarde, os autores Nerilo et al (2002) publicam o livro Chuvas Intensas no Estado de Santa Catarina com caráter de manual para aplicação prática imediata. Fendrich (1998) apresentou um resumo da metodologia e aplicações práticas para o estado do Paraná, envolvendo 34 equações.. Exemplar e histórico trabalho sobre chuvas intensas foi realizado por Pfafstetter (1958) com 98 pluviógrafos espalhados pelo Brasil. Foi um estudo pioneiro mas em Santa Catarina contou, na época, com apenas 5 estações. Silveira (2000) mostrou uma nova equação que determina, para o Brasil, com melhor

precisão os coeficientes de desagregação das chuvas de duração 24 horas. O presente trabalho aborda o panorama estadual das chuvas anuais e também as intensas com período de retorno de 20 anos e duração 10 minutos, como um exemplo. Os casos de máxima e mínima estadual são apresentados. No caso presente, a região de estudo foi o próprio estado de SC, entre os paralelos 26^o e 29^o que apresenta, pela classificação de Köppen, o clima "mesotérmico úmido com verão quente" (Cfb) nas regiões Leste e Oeste e, " mesotérmico úmido com verão fresco" (Cfb) na região do Planalto.

Assim, o objetivo deste trabalho é coletar, em todas as estações pluviométricas de SC, dados de chuvas máximas anuais com duração de 1 dia, bem como os todos os totais anuais. Em seguida, realizar estudo de chuvas anuais e torrenciais para todo o estado identificando as zonas críticas..

2. METODOLOGIA

Como dados iniciais, tomou-se, de 1923 a 1997, as precipitações máximas anuais de duração 1 dia, registradas em todos os pluviômetros disponíveis no estado de SC. Os dados foram obtidos através da EPAGRI. Informações sobre bacias hidrográficas, áreas, altitudes, etc., foram obtidas junto à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente - SDM. As séries utilizadas foram anuais, ou seja, somente a máxima de 1 dia, de cada ano, foi considerada. As estações com série inferior à 15 anos, foram descartadas. As chuvas máximas de 24 horas foram obtidas multiplicando-se a precipitação máxima de 1 dia (medida pelo pluviômetro) pelo fator constante de 1,14. A análise de freqüências foi feita com o ajuste de Gumbel. Através do método simplificado das relações entre alturas de chuva de diferentes durações, obteve-se, as intensidades para durações inferiores a 24 hs. Segundo Tucci (1993) "este método é de grande aplicabilidade em face da existência de grande número de pluviômetros com série longa espalhados por quase todo o território nacional",. Assim, as chuvas máximas de 24 hs. foram aproveitadas para a determinação das intensidades nas chuvas de duração inferior a 24 hs. Neste trabalho não se utilizou os poucos pluviógrafos existentes no estado para se manter uma uniformidade de método em toda a área. Uma comparação entre métodos diferentes será objeto de trabalho futuro. Em seguida, tabelas de intensidade-duração-período de retorno, são apresentadas para cada cidade bem como isoietas para todo o estado de SC. Para o traçado dessas linhas utilizou-se o método de Kriging já incluído no software SURFER, versão 5.01.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 202 pluviômetros analisados, aproveitou-se os 150 que apresentaram série de 15 ou mais anos. A Figura 1 apresenta as isoietas das chuvas médias anuais, de 1923 a 1997. Percebe-se que , de um modo geral , essas precipitações são menores na costa atlântica e crescem com a altitude. As duas maiores chuvas médias anuais de SC foram: 2650 mm na Serra do Mar em Garuva (noroeste) e 2311 mm no planalto em Xanxerê (extremo Oeste), devido suas altitudes. A mínima, de 1241 mm ocorreu na costa atlântica, em Tubarão, devido ao festanamento da Serra do Mar. Precipitação semelhante ocorre nos vizinhos municípios de Armazém e Imbituba.

No Oeste de Santa Catarina as chuvas anuais geralmente ocorrem devido a passagem de frentes frias . Essas são mais ativas e com maior volume de chuva, no inverno. Também ocorrem devido aos Cúmulos Convectivos de Mesoescala (CCMs), de grande desenvolvimento vertical, formados no Paraguai chegando ao Oeste e Meio-Oeste de SC.

Quanto à zona litorânea, além das chuvas provenientes de passagens de frentes frias e de cúmulos convectivos, também ocorre chuva devido à circulação marítima . São ventos que sopram do mar mantendo o tempo fechado e chuvoso por vários dias e o mar com altas ondas. Na linguagem popular, o fenômeno é chamado de "lestada". Além disso, podem ocorrer os vórtices ciclônicos e até ciclones extratropicais inclusive vindo do Rio Grande do Sul. No verão, as típicas "pancadas" de chuva de final de tarde e noite também contribuem com volumes significativos de chuva, entre Novembro e Março.

Assim, a diversidade de sistemas atmosféricos que provocam chuvas no litoral explicam as maiores intensidades de chuva se comparadas com o Oeste de SC.Com relação às chuvas torrenciais, as isoietas do presente trabalho, de maneira geral, mostraram maiores intensidades nas seguintes áreas:

a) na costa atlântica.
b) ao longo do alto rio Pelotas.
c) com menor definição, no Norte do estado.

Neste último caso, essas máximas ocorreram em forma de núcleos isolados, influenciados pela topografia local da serra. Em SC, às vezes as intensidades máximas ocorrem onde a chuva anual é reduzida. Esse é o caso, por exemplo, da costa atlântica. A Figura 2 mostra, apenas como um exemplo, as isoietas correspondentes a um período de retorno de 20 anos e duração 10 minutos. Na costa pode-se obter intensidades de até 260 mm/h enquanto que no planalto pode descer a 130 mm/h. Neste último caso, trata-se

aproximadamente da região que liga os municípios de Curitibanos, Otacílio Costa e Bom Retiro. As Figuras 3 e 4 apresentam, o ajuste de freqüências de Gumbel para a chuva de 1 dia e a correspondente desagregação na tabela de intensidades para várias durações e períodos de retorno. No presente trabalho, mostrou-se somente os municípios de máxima e de mínima intensidade.

4. CONCLUSÃO

Estão disponíveis, para todo o estado de SC, um panorama geral com dados de chuvas anuais e intensas. Trata-se de um estudo preliminar que certamente deverá ser melhorado com uma melhor interpretação da influência do relevo nas isoietas, por exemplo. Da mesma forma, à medida em que forem surgindo novas equações de chuvas obtidas por pluviogramas, estas servirão para comparação entre os dois métodos de cálculo. Os resultados aqui obtidos tem utilização imediata para todos os projetistas em Hidrologia e áreas afins, sobretudo nos municípios mais afastados e/ou menos desenvolvidos.

5. AGRADECIMENTOS

À EPAGRI- CLIMERH pelos dados pluviométricos básicos fornecidos e à CAPES pelo auxílio financeiro. Agradecemos também à meteorologista Marilene de Lima do CLIMERH pela valiosa informação em relação ao clima em SC.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

FENDRICH, R. Chuvas Intensas para obras de drenagem, Ed. Universitária Champagnat, Curitiba,1998.

NERILO, N., Pluviometria e Chuvas Intensas no Estado de Santa Catarina , Dissertação de Mestrado, P.P.G.E.A / UFSC, Florianópolis. 1999.

NERILO, N.; MEDEIROS, P. A .; CORDERO, A . *Chuvas intensas no estado de Santa Catarina*. Editora da UFSC / Edifurb, Florianópolis, 2002.

MEDEIROS, P. A . Pluviometria e Chuvas Intensas em Maringá, Revista UNIMAR, v. 16, n. 03, p.525-537, Maringá, 1994.

PFAFSTETTER, O .*Chuvas Intensas no Brasil,* Departamento Nacional de Obras de Saneamento, Rio de Janeiro, 1957.

Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente-SDM, *Diagnóstico da Drenagem Urbana em Santa Catarina*, Governo do Estado de Santa Catarina, 24 p. Florianópolis, 1998.

Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente-SDM, *Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina- Diagnóstico Geral*, Governo do Estado de Santa Catarina, 163 p. Florianópolis, 1997.

SILVEIRA, A . L.L. Equação para os coeficientes de desagregação de chuva, RBRH-Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 5 (4) p. 143-147, Porto Alegre, 2000.

TUCCI, C. M., *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Editora da Universidade, ABRH, Porto Alegre,1993.

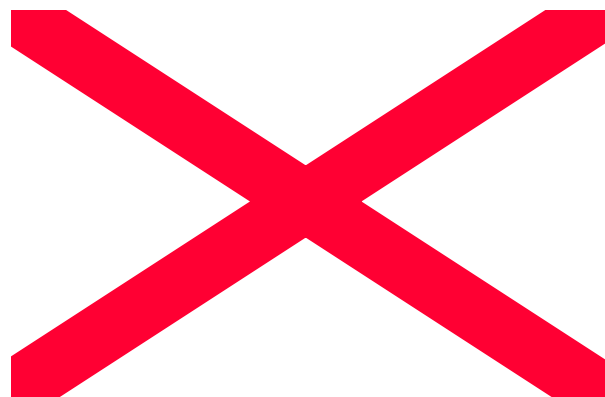



FIGURA 1 – Precipitação Média Anual (mm)

FIGURA 2 – Isoietas de intensidades de chuva (mm/h)

Irineópolis					
Duração	Intensidades (mm/h)				
	Período de retorno (anos)				
	5	**10**	**20**	**50**	**100**
5 min	110,5	120,5	130,1	145,1	154,6
10 min	87,7	95,7	103,3	115,2	122,7
15 min	75,8	82,7	89,3	99,6	106,1
20 min	65,8	71,8	77,5	86,4	92,1
25 min	59,1	64,5	69,6	77,7	82,7
30 min	54,1	59,1	63,8	71,1	75,8
1 h	36,6	39,9	43,1	48,0	51,2
6 h	10,5	11,4	12,3	13,7	14,6
8 h	8,5	9,3	10,0	11,2	11,9
10 h	7,1	7,8	8,4	9,4	10,0
12 h	6,2	6,7	7,3	8,1	8,6
24 h	3,6	4,0	4,3	4,8	5,1

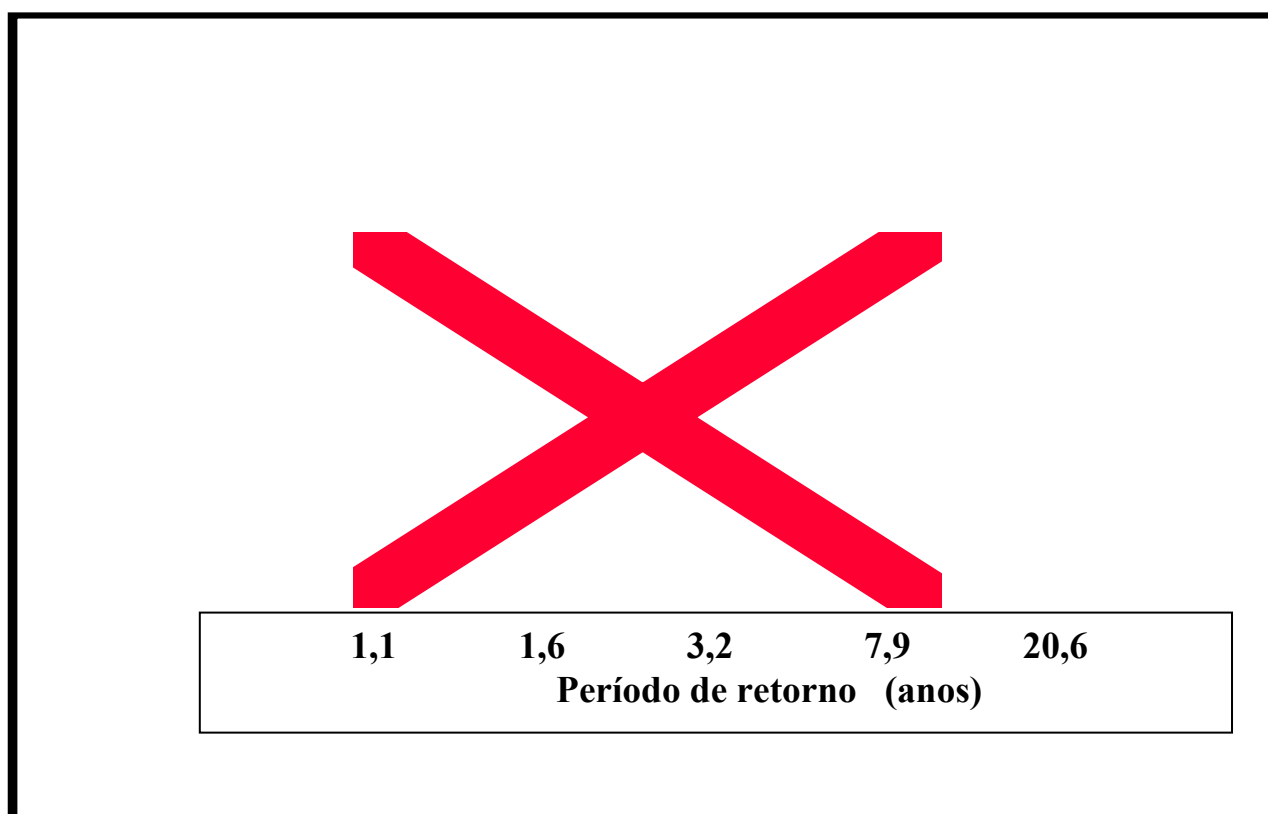



Figura 3: Chuvas intensas mínimas em SC: Tabelas "I-D-F " e ajuste das chuvas de 1 dia .

Paulo Lopes					
Duração	Intensidades (mm/h)				
	Período de retorno (anos)				
	5	**10**	**20**	**50**	**100**
5 min	243,6	285,5	325,7	384,4	424,1
10 min	193,4	226,7	258,6	305,2	336,7
15 min	167,1	195,9	223,5	263,8	291,0
20 min	145,1	170,0	194,0	228,9	252,6
25 min	130,4	152,8	174,3	205,8	227,0
30 min	119,4	139,9	159,6	188,4	207,9
1 h	80,7	94,5	107,9	127,3	140,5
6 h	23,0	27,0	30,8	36,4	40,1
8 h	18,7	21,9	25,0	29,6	32,6
10 h	15,7	18,5	21,1	24,9	27,4
12 h	13,6	15,9	18,2	21,5	23,7
24 h	8,0	9,4	10,7	12,6	13,9

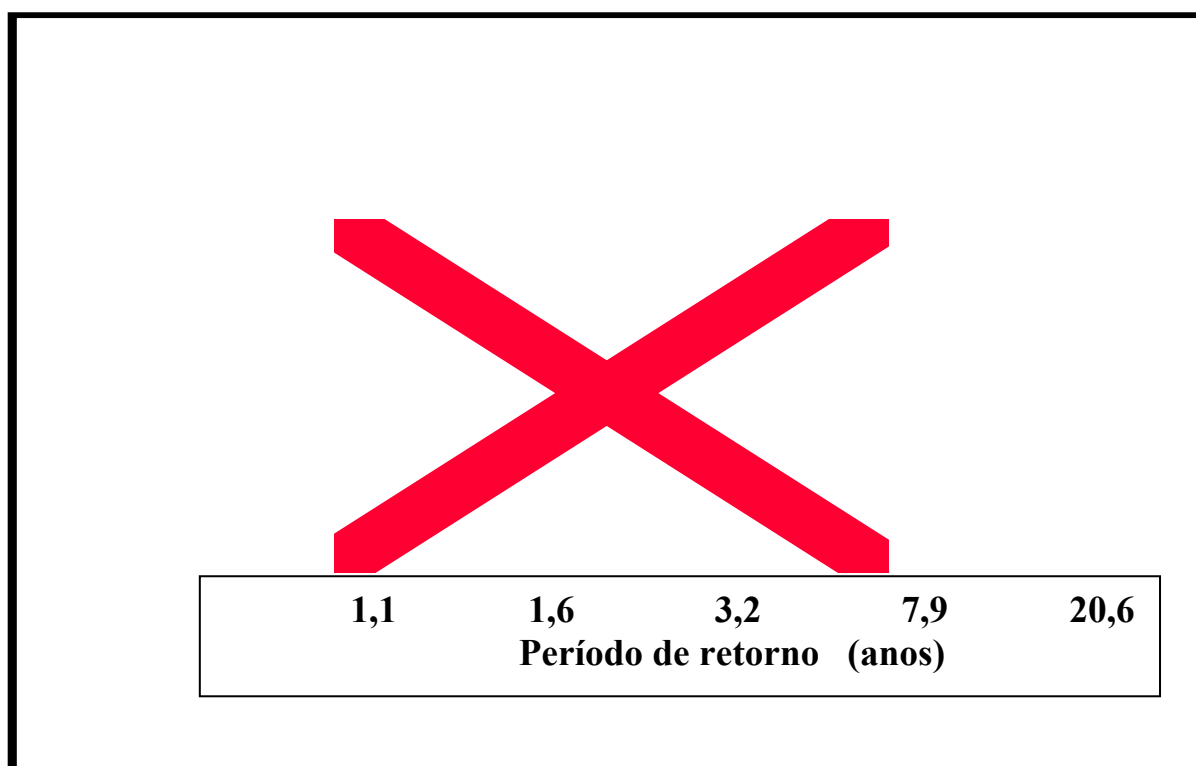



Figura 4: Chuvas intensas máximas em SC: Tabelas "I-D-F " e ajuste das chuvas de 1 dia .

OCORRÊNCIAS DE GRANIZO NO ESTADO DE SANTA CATARINA

ISABELA PENA VIANA DE OLIVEIRA MARCELINO[1]
MAGALY MENDONÇA[1]
FREDERICO DE MORAES RUDORFF[1]

[1]GEDN – Grupo de Estudos de Desastres Naturais
LabClima – Laboratório de Climatologia Aplicada
Departamento de Geociências
Universidade Federal de Santa Catarina
Caixa Postal 476 - 88.040-900 – Florianópolis-SC, Brasil
gedn@grupos.com.br

MARCELINO, I. P. V. O; MENDONÇA, M.; RUDORFF, F. M. Ocorrências de granizo no estado de Santa Catarina In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.795-805. (CD-ROM)

RESUMO
As ocorrências de granizo geram consideráveis perdas econômicas e sociais todos os anos no território brasileiro. Santa Catarina é um dos estados mais atingidos por este tipo de fenômeno, que ocasiona consideráveis perdas materiais e agrícolas no estado. Este trabalho tem como objetivo realizar uma climatologia das ocorrências de granizo em Santa Catarina, analisando sua distribuição espacial e temporal ao longo do período de 24 anos. Para tanto, foram utilizados dados do Relatório de Avaliação de Danos (AVADAN) da Diretoria Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina (DEDC-SC), onde estão registrados os episódios de granizo que causaram prejuízos sócio-econômicos aos municípios catarinenses. Verificou-se que a mesorregião em que mais ocorre precipitação de granizo é a Oeste Catarinense, seguida do planalto norte. Estas ocorrências estão relacionadas com os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), atuando de forma intensa principalmente no oeste, e com a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que interfere com mais freqüência e intensidade o planalto norte do estado. Os meses mais propícios para a formação destes eventos são os da primavera, e em seguida os meses do inverno, confirmando a atuação dos CCMs e dos sistemas frontais intensos, respectivamente. Além disso, em anos de El Niño houve uma maior freqüência de granizo no estado se comparado com os anos normais e de La Niña.
Palavras-chave: granizo, climatologia, Santa Catarina.

HAIL OCURRENCES IN SANTA CATARINA STATE

ABSTRACT
Every year hail causes considerable economic and social losses at brasilian territory. Santa Catarina is one of the most affected states by this type of phenomena that causes considerable material and agriculture losses. This work aims to comprehend the hail occurences at Santa Catarina, analizing its spatial and temporal distribution along 24 years. For this, it were used the Assessment Damage Reports (AVADAN) of the Santa Catarina Civil Defense State Departament of (DEDC-SC). These reports, register the state counties socio-economic losses from adverse natural phenomena, including hail. The results show that the west region of Santa Catarina is the most affected from hail. These occurences could be related to the Mesoscale Convective Complexes (MCC), acting intensely mainly on west, and with the South Atlantic Convergence Zone (SACZ) that inteferes with higher frequency and intensity at the northern state plateaus. The most favorable months for the formation of these types of events are spring, followed by winter, which confirms the acting of MCCs and intense frontal systems, respectably. In addition, during El Niño years there was a greater frequency of hail at the state, when compared to La Niña and regular years.
Key-words: hail, climatology, Santa Catarina.

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de tempestades em qualquer região do globo está diretamente relacionada com episódios de chuvas intensas, ventos fortes, precipitações de granizos,

tornados e descargas elétricas. Estas tempestades são formadas por nuvens do tipo cumulonimbus que possuem elevado desenvolvimento vertical, podendo ser composta por poucas ou por várias células convectivas, dando origem as grandes áreas de instabilidades. O granizo é formado na parte superior dessas nuvens convectivas onde se encontram as temperaturas mais baixas, que são condições propícias, junto com outros fatores, para transformar as gotículas de água em partículas (pedras) de gelo. As nuvens cumulonimbus que apresentam coloração esverdeada servem como indicadoras da presença de granizo, entretanto só é possível observa-las durante o dia e sob determinado ângulo em relação ao Sol. Esta coloração é resultado da difusão da radiação eletromagnética na faixa do visível nas partículas de gelo cristalizadas (claras) (Schmidt, 2000).

Vários sistemas atmosféricos podem ser considerados produtores de tempestades. Dentre os que ocorrem em Santa Catarina destaca-se os sistemas frontais transientes, os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), as convecções locais formadas pelo aquecimento diurno, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e os ciclones extratropicais (Marcelino, 2003). Todos estes sistemas podem gerar precipitações de granizo, que por sua vez, ocasionam normalmente grande prejuízo à agricultura e danos materiais.

Inesperadas tormentas de granizo podem devastar campos inteiros em poucos minutos, queimando, golpeando e abatendo as colheitas que se tornam irrecuperáveis (Éden & Twist, 1997). O grau de dano está relacionado ao tamanho das pedras, densidade por área, duração da tempestade, velocidade de queda e idade das plantas. Além disso, os granizos maiores, geralmente compostos pela junção de outros menores, podem danificar a produção, bem como causar a morte e a mutilação de animais (Kulicov & Rudnev, 1980). Os danos às culturas aumentam quando o granizo é acompanhado de precipitações intensas e ventos fortes, sendo que os mais significativos ocorrem quando a densidade é superior a dez pedras por 0,10 m² e o tempo de duração é maior que 15 minutos. A maioria das plantas apresenta danos mais significativos no período de floração, não deixando de citar as lesões na fase de frutificação, que deformam as frutas impossibilitando a comercialização. Várias espécies nativas também podem ser danificadas pelo granizo (Mota, 1983).

Em Santa Catarina é comum a ocorrência de granizo em todos os anos causando prejuízos para diferentes setores econômicos, com destaque para o agrícola (Herrmann, 2001). Alguns municípios, principalmente os que trabalham com a produção de maçã,

utilizam sistemas antigranizo para evitar grandes prejuízos na produção (Leite et al., 2002; Yuri, 2003).

Estudar a climatologia de granizo é fundamental para entender como o fenômeno ocorre no tempo e no espaço, fornecendo suporte para a realização de medidas preventivas contra os efeitos danosos do mesmo. Vários são os trabalhos que abordam a climatologia de granizo com o intuito de identificar as regiões mais propícias para as suas ocorrências, como também o período do ano mais favorável. Dentre estes cita-se Dessens e Fraile (1994) que estudaram a distribuição de granizo no sudoeste da França; Vinet (2001) que abordou a climatologia de granizo para todo território francês; Giaiotti et al. (2003) que estudaram as ocorrências de granizos numa pequena área no nordeste da Itália, ressaltando a interferência de fatores geográficos para a maior intensidade de ocorrências deste fenômeno na região. No Brasil há um número reduzido de trabalhos abordando esta temática, o que desperta a necessidade de um maior aprofundamento em estudos e pesquisas (Yuri, 2003).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo verificar a distribuição espacial e temporal de ocorrências de granizo, gerando uma climatologia do fenômeno para o Estado de Santa Catarina.

1.1 Processo de formação do granizo

Os granizos apresentam, normalmente, formas arredondadas com diâmetro que pode variar de 5 mm a 15 ou 20 cm, sendo que na maioria dos casos, o tamanho médio gira em torno de 1,5 a 2,0 cm de diâmetro. Sua estrutura é heterogênea, contendo camadas alternadas de gelo transparente e turvo, podendo conter no seu interior pó e insetos.

O processo de congelamento das gotas de água que compõe as nuvens não ocorre na temperatura de 0 ºC. Geralmente, o congelamento dá-se a temperaturas em torno de - 25 °C a - 30°C, onde as gotas maiores congelam e formam núcleos de granizos. As pedras de gelo que descem do topo da nuvem são cobertas por uma camada de umidade que congela quando são levadas novamente ao topo da nuvem pelas correntes ascendentes, aumentando de tamanho. Os granizos esféricos são compostos por várias camadas, que representam as viagens realizadas pela nuvem, da base ao topo e vice-versa, antes de caírem na superfície do solo (Éden & Twist, 1997). As gotas congeladas quando crescem, em função da união entre outras menores, movimentam-se com as correntes subsidentes e quando se encontram com gotas mais frias crescem rapidamente até alcançarem dimensões de queda (Kulicov &

Rudnev, 1980). Quando as pedras de gelo tornam-se demasiadamente pesadas para serem suportadas pelas correntes ascendentes, precipitam na superfície do solo na forma de granizo.

A extensão vertical da zona de água no interior da nuvem determina a duração da precipitação de granizo. Esta zona normalmente possui uma extensão vertical maior que 3 km, contendo gotas de dimensões diferentes. Caso essa zona não possua tanto desenvolvimento vertical e contenha gotas de dimensões semelhantes, a chuva de granizo terá curta duração. Entretanto, podem ocorrer precipitações de granizo de até 01:00 h, sendo que o mais freqüente é durar de 3 a 5 minutos. A abrangência espacial da chuva de granizo geralmente varia de 1 a 2 km de largura e de 10 a 20 km de extensão, embora estas dimensões possam chegar a 10 e 400 km, respectivamente (Kulicov & Rudnev, 1980).

2. DADOS E METODOLOGIA

Foi realizado um inventário, de 1980 a 2003, de todas as ocorrências de granizo que causaram danos e prejuízos severos no Estado de Santa Catarina, com base nos relatórios de Avaliação de Danos (AVADAN), que são encaminhados pelos municípios afetados ao Departamento Estadual de Defesa Civil (DEDC-SC). Isto demonstra que todos os episódios de ocorrências de granizo, apresentados no presente trabalho, foram de grandes proporções e resultaram em prejuízos aos municípios atingidos, tanto que os mesmos decretaram Situação de Emergência e Estado de Calamidade Pública. A partir desses dados foi gerado um mapa para visualização da distribuição espacial dos episódios em Santa Catarina.

a) Mapa de ocorrências de granizo em Santa Catarina para o período de 1980-2003

Após a tabulação dos dados obtidos nos AVADANs, pôde-se obter a freqüências dos eventos de granizo no período de 1980 a 2003. O limiar das classes para a geração do mapa de freqüência foi determinado a partir da média aritmética de cada conjunto de dados. Inicialmente, gerou-se a média de toda a população de dados. Depois, aplicou-se o mesmo procedimento para obter-se uma média do conjunto inferior e do conjunto superior. Assim, todos os municípios que apresentaram freqüência abaixo da média inferior foram inseridos na classe Baixa/Nula; acima da média inferior e abaixo da média da população foram inseridos na classe Média; acima da média da população e abaixo da média superior foram inseridos na classe Alta; e, finalmente, acima da média superior foram inseridos na classe Muito Alta.

No ambiente SPRING 4.0, os atributos não espaciais, neste caso a ocorrência de granizo, foram inseridos em um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) relacional, onde cada entidade gráfica (município) foi ligada aos seus respectivos atributos não-espaciais armazenados em tabelas de dados no sistema. Uma vez estabelecidas às classes, foram realizadas consultas ao banco de dados para visualização, geração de planos temáticos e posterior geração do mapa. A base cartográfica utilizada foi produzida pela Secretaria do Estado do Desenvolvimento Econômico e Integração do Mercosul, na escala 1:250.000. A base digital de Santa Catarina foi importada para o SPRING 4.0, onde foi criado um modelo cadastral dos municípios de Santa Catarina.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os meses da primavera, principalmente outubro e novembro, registraram a maior freqüência de precipitação de granizo. Nos meses de julho a setembro e dezembro também se verificou uma freqüência elevada de episódios (Figura 1). Relaciona-se estas ocorrências com os sistemas atmosféricos que mais atuam nestes meses, ou seja, as frentes frias, iniciando suas passagens mais intensas a partir do mês de junho, e os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), que atuam com maior freqüência nos meses da primavera. Segundo Monteiro (2001), a presença de vórtices ciclônicos em altos níveis também contribui para a formação e intensificação de instabilidades no inverno.

Nos meses de outubro e novembro as ocorrências de granizo estão mais relacionadas com os CCMs, que são áreas de instabilidades que se formam no Paraguai e norte da Argentina (região do Chaco) e deslocam-se em direção ao oceano passando por toda Santa Catarina, atingindo com maior intensidade o oeste catarinense (Silva Dias, 1996). Monteiro (2001) cita que estes sistemas favorecem a formação de pancadas de chuva forte e granizos isolados no território catarinense. Os CCMs também podem ocorrer associados aos sistemas frontais transientes formando situações favoráveis a eventos extremos como o granizo, ventos fortes e tornados (Marcelino, 2003).

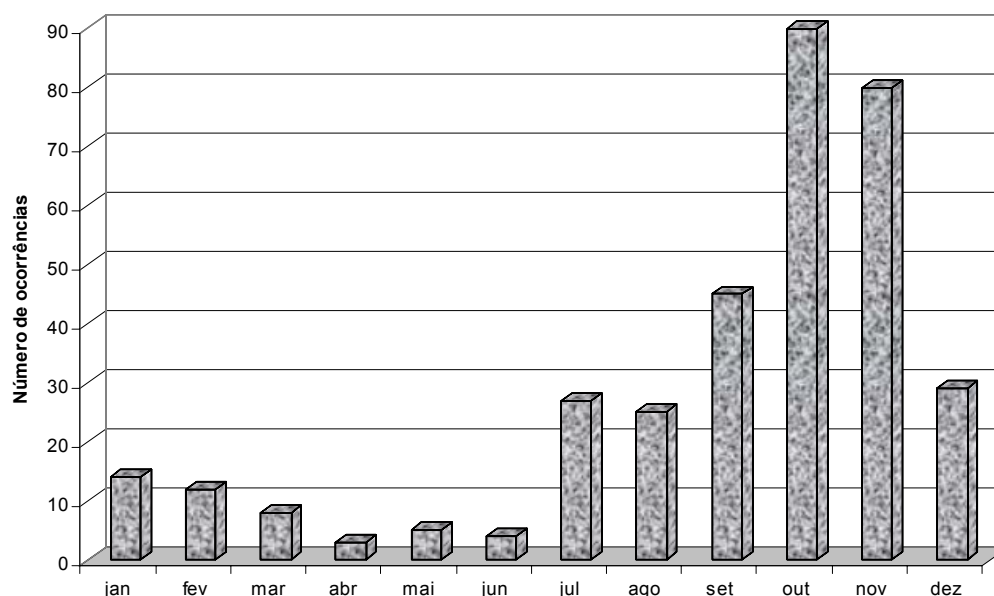



Figura 1 – Ocorrência mensal de granizo em Santa Catarina (1980 – 2003).

As ocorrências anuais de granizo no território catarinense distinguem-se ao longo dos anos observados (Figura 2). Alguns anos tiveram ausência de episódios de granizo registrados pela DEDC-SC, enquanto que outros anos tiveram registros de até 35 ocorrências. Ressalta-se que isto não significa que nos anos em que houve registro nulo não tenham acontecido eventos de granizo no estado, mas se ocorreram, não foram suficientemente intensos para que o município afetado decretasse pelo menos situação de emergência. Desta forma, a variação anual de ocorrências severas de granizo pode estar relacionada com fenômenos que causam interferências na circulação da atmosfera global, como o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS).

Para a Região Sul do Brasil o El Niño interfere na intensificação do jato subtropical em altos níveis troposféricos, que conseqüentemente, influenciam diretamente os sistemas frontais transientes, intensificando-os e bloqueando-os sobre esta região. Assim, é habitual em anos de El Niño o aumento significativo da precipitação pluviométrica sobre Santa Catarina, principalmente nos meses da primavera, nos quais geralmente registra-se o maior número de ocorrências de granizo. Em anos de La Niña, a Região Sul do Brasil registra chuvas abaixo da média climatológica (Voituriez e Jacques, 2000).

Observando-se a freqüência anual de granizo e comparando-se com a ocorrência do ENOS, verificou-se nos anos de El Niño um maior número de registros de granizo (Figura 2). Destaca-se o episódio de El Niño de 1987/1988 e 2002/2003 que ocasionaram o maior número de eventos registrados.

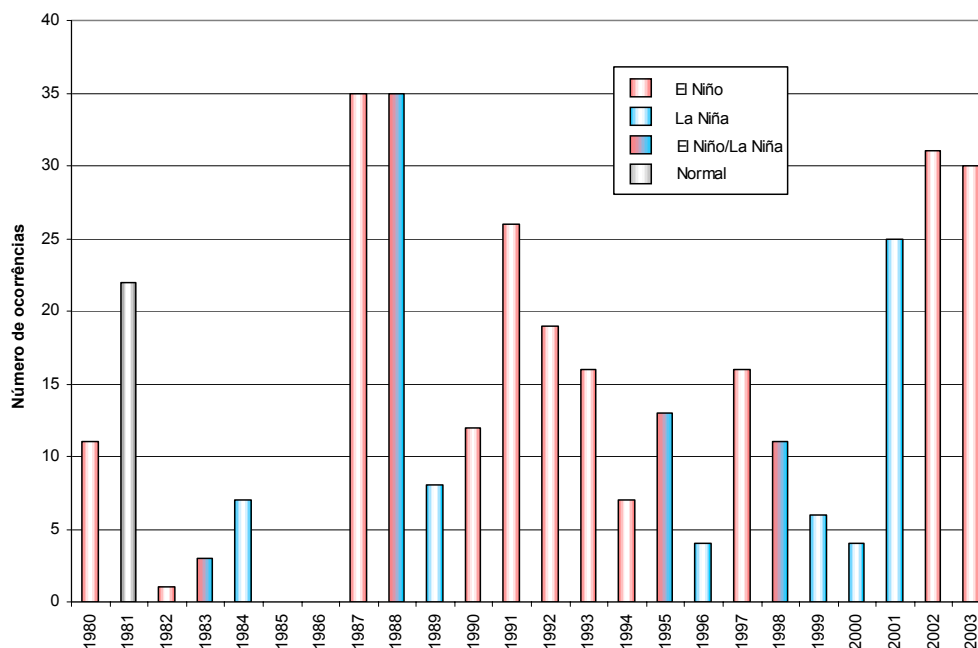



Figura 2 – Ocorrência anual de granizo em Santa Catarina relacionada com anos de El Niño e La Niña no período de 1980-2003.

Os municípios que mais são atingidos por ocorrências de granizo no Estado de Santa Catarina estão apresentados na Figura 3, sendo Anchieta, localizado no extremo oeste do estado, o que registrou o maior número de eventos com sérios danos e prejuízos à população. Além deste município, os demais também estão localizados no oeste catarinense, com exceção de Canoinhas, situado no Planalto Norte.

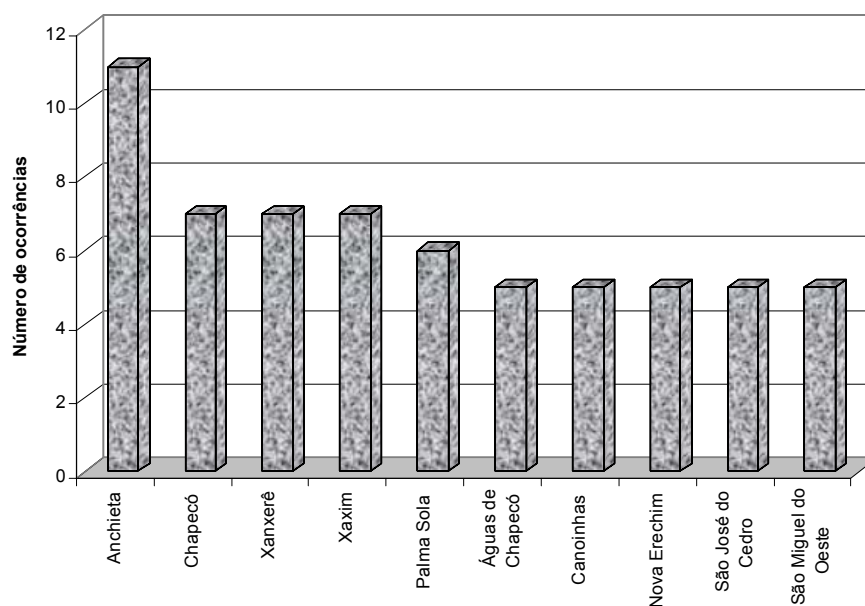



Figura 3 – Municípios catarinenses que mais registraram ocorrências de granizo no período de 1980-2003.

Na Figura 4, observa-se a distribuição espacial das ocorrências de granizo em Santa Catarina. Destaca-se que a mesorregião que possui o maior número de ocorrências de granizo é a Oeste Catarinense, seguida do Norte Catarinense e Vale do Itajaí. A mesorregião Serrana e o setor leste da mesorregião Oeste Catarinense, apesar de não terem apresentado elevados índices de ocorrência para este período, também são áreas propícias a ocorrência de granizo em virtude das situações atmosféricas que ali atuam. Tanto que, nos municípios de Fraiburgo e São Joaquim, grandes produtores de maçã, são utilizadas avançadas técnicas de prevenção no combate ao granizo.

Dentre os sistemas antigranizo utilizados Leite et al. (2002) citam o bombardeamento das nuvens convectivas (cumulonimbus) com iodeto de prata, lançado por foguetes, a partir de estações fixas na superfície e controladas por radar meteorológico. O radar identifica a nuvem e dentro dela a zona de concentração de granizo, bem como a dimensão dos pedriscos. Com isso, o lançamento dos fogetes atua diretamente sobre as nuvens, com a finalidade de evitar a formação de pedriscos grandes (Kulicov e Rudnev, 1980). Entretanto, em virtude do alto custo dos foguetes, atualmente estes municípios utilizam os queimadores de solo, com base ainda em iodeto de prata e acetona, além da utilização de telas de nylon e/ou plástico na cobertura dos pomares (Yuri, 2003).

Desta forma, é possível que a utilização de sistemas antigranizo esteja relacionada diretamente com a baixa freqüência de ocorrências de granizo que causam danos significativos aos municípios produtores de maçã. O sistema implantado para minimizar o impacto econômico na produção agrícola, também auxilia na redução de prejuízos significativos em outros setores sócio-econômicos.

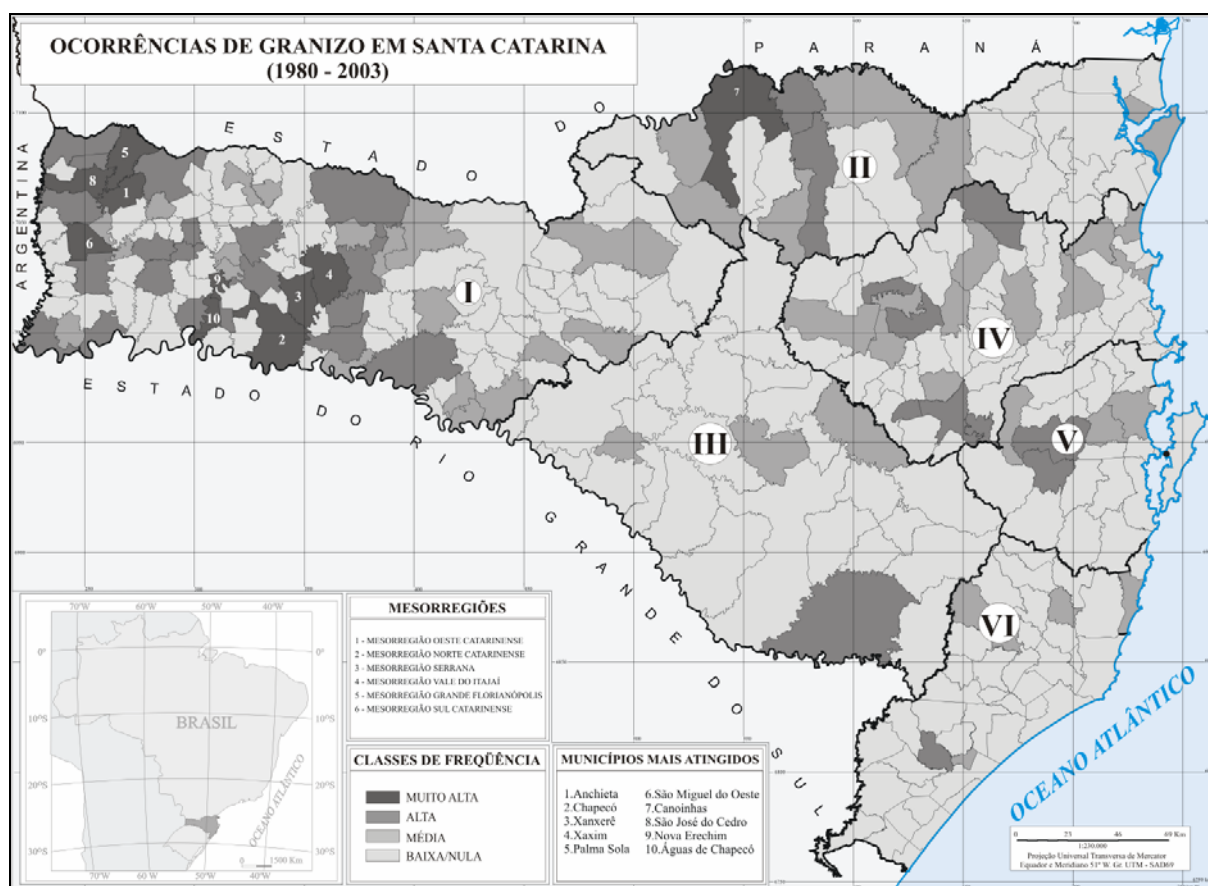



Figura 4 – Distribuição das ocorrências de granizo no Estado de Santa Catarina no período de 1980 a 2003.

A alta freqüência de tempestades de granizo na mesorregião Oeste Catarinense pode estar relacionada com as ocorrências de CCMs, como já citado anteriormente, pois estes atingem com maior intensidade esta área do estado. Com base no horário da ocorrência dos eventos pode-se notar que vários deles ocorreram à noite e na madrugada, coincidindo com o hábito noturno dos CCMs (Velasco e Fritsch, 1987). Já a grande freqüência de episódios de granizo no norte catarinense, pode estar relacionada com a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que atua nesta região do estado principalmente nos meses do verão (Rocha e Gandu, 1996).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ocorrências de granizo no Estado de Santa Catarina estão relacionadas com tempestades originadas de CCMs, sistemas frontais e ZCAS, que atuam com maior freqüência no oeste e norte catarinense. Os CCMs ocorrem com maior intensidade e freqüência na primavera, coincidindo assim com o maior registro de episódios de granizo que se dá no trimestre setembro-outubro-novembro. Verificou-se também que em anos de

El Niño houve maior ocorrência de granizo em comparação com os anos normais e de La Niña, destacando os anos de 1987 e 1988 com o número mais elevado de registros. As áreas do planalto que tiveram baixo índice de granizo possuem sistemas antigranizo, destacando-se os municípios de Fraiburgo e São Joaquim que utilizam diferentes sistemas para minimizar os efeitos da precipitação sobre os pomares de maçã.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho contou com o apoio e auxílio da Diretoria Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina – DEDC/SC e do Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres – CEPED da UFSC.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DESSENS, J.; FRAILE, R. Hailstone size distributions in southwestern France. **Atmospheric Research**, 33, 1994, p. 57-73.

EDEN, P.; TWIST, C. **Gran Enciclopedia de Bolsillo**: Tiempo y Clima. Barcelona: Molino, 1997, p. 104-105.

GIAIOTTI, D.; NORDIO, S.; STEL, F. The climatology of hail in the plain of Friuli Venezia Giulia. **Atmospheric Research**, 67-68, 2003, p. 247-259.

HERRMANN, M. L. DE P. **Levantamentos dos desastres naturais ocorridos em Santa Catarina no período de 1980 a 2000.** Florianópolis: IOESC, 2001. 89 p.

KULICOV, V.A.; RUDNEV, G. V. **Agrometeorologia Tropical**. Havana: Científico-Técnica, 1980, p. 130-134.

LEITE, G. B.; PETRI, J. L.; Mondardo, M. Efeito da tela antigranizo em algumas características dos frutos de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, 2002, p. 714-716.

MARCELINO, I. P. V. O. **Análise de episódios de tornados em Santa Catarina**: caracterização sinótica e mineração de dados. São José dos Campos. 214 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, v. 16, n.31, 2001, p. 69-78.

MOTA, F. S. **Meteorologia Agrícola**. São Paulo: Nobel , Biblioteca Rural, 1983, p. 317-318.

ROCHA, A. M. G. C.; GANDU, A. W. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: **Climanálise Especial**: edição comemorativa de 10 anos. Cachoeira Paulista: INPE/CPTEC, 1996. p.140-142.

SILVA DIAS, M. A. F. Complexos convectivos de mesoescala. In: **Climanálise Especial**: edição comemorativa de 10 anos. Cachoeira Paulista: INPE/CPTEC, 1996, p.173-182.

VELASCO, I.; FRITSCH, J. M. Mesoscale Convective Complexes in the Americas. **Journal of Geophisic Research**, 92 (D8), 1987, p. 9591-9613.

VINET, F. Climatology of hail in France. **Atmospheric Research**, 56, 2001, p. 309-323.

VOITURIEZ, B.; JACQUES, G. **El Niño-Realite et Fiction**. Paris: UNESCO, 2000. 116 p.

YURI, H. M. **Gestão do risco de granizo pelo seguro e outras alternativas**: estudo de caso em pomares de maçã em Santa Catarina. Piracicaba. 144p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, 2003.

PAVÓN ARRIBA, LO QUE EL VIENTO SE LLEVÓ

GUSTAVO C. BALBASTRO[1]
VICTORIO E. SONZOGNI[2]

[1, 2]Universidad Tecnológica Nacional
[1]Fac. Regional Rafaela.
[2]Universidad Nacional del Litoral
gbalbastro@yahoo.com, sonzogni@intec.unl.edu.ar

BALBASTRO, G. C.; SONZOGNI, V. E. Pavón Arriba, lo que el viento llevó. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 806-818. (CD-ROM)

RESUMEN
En el mes de noviembre de 2003, una tormenta destruyó prácticamente la totalidad de los galpones y silos de varias poblaciones del sur de la provincia de Santa Fe, siendo Pavón Arriba el pueblo más afectado. Aunque no hubo que lamentar víctimas por esta destrucción, es necesario preguntarse el origen de la vulnerabilidad de las mismas, para evitar la repetición de estos desastres. En la presente ponencia se exponen los resultados y las conclusiones de un relevamiento efectuado sobre el terreno, así como se realizan propuestas para prevenir este tipo de situaciones.
Palabras-clave: viento, desastres naturales, prevención de riesgos.

PAVÓN ARRIBA, GONE WITH THE WIND

ABSTRACT
In November 2003, a storm destroyed almost all the sheds and silos in many towns at the south of Santa Fe province, Pavón Arriba was the most damaged town. Though no victims were happened, is necessary to ask about the origin of the vulnerability of those constructions, in order to avoid the repetition of these disasters. In the present work the results and conclusions of a survey of the site are exposed, thus proposals to prevent this kind of situations are made.

1. INTRODUCCIÓN

El 11 de noviembre de 2003, minutos después de las 20:00, el paisaje del pueblo Pavón Arriba, ubicado al sur de la ciudad de Rosario, cambió drásticamente luego de una tormenta cuyo intervalo más destructivo duró unos treinta minutos. Otras varias poblaciones, ubicadas en una franja de unos 80 km de ancho que se extendió desde la provincia de Córdoba hasta Entre Ríos, en dirección SO-NE, incluyendo a la ciudad de Rosario, resultaron afectadas, varias de ellas muy seriamente.

Figura 1: Área afectada. Fuente: La Nación, 13/11/03

Cuando pasó el viento, los asombrados vecinos, que por el horario se encontraban ya en sus casas, pudieron ver que prácticamente no quedaba ningún galpón en pie, y que la mayoría de los silos habían sido levantados y aplastados como vasos de papel.

Los medios periodísticos reflejaron durante algunos días las escenas de destrucción de este y otros pueblos de la zona, variando los términos desde "tornado", en las primeras ediciones posteriores al fenómeno, hasta "tormenta severa"[1] o "temporal", algunos días después.

También los reportes de la velocidad del viento resultaron variables, y en general describieron el fenómeno como "ráfagas de 150 km/h", "vientos de 130 km/h" o "vientos de más de 100 km/h". Estos números, intuitivamente asociados a la velocidad de un vehículo, parecen valores extraordinarios, más aún en el contexto en el que se vierten.

Como consecuencia de la tormenta, se produjeron cinco muertos en la zona, si bien sólo uno fue por problemas en la construcción, mientras que los restantes se debieron a accidentes de tránsito o por intentar robar electricidad durante la tormenta[2].

A posteriori de la tormenta, el gobierno provincial anunció que se entregarían subsidios e indemnizaciones a los damnificados por el fenómeno[3].

A la luz de estos acontecimientos, y luego de una recorrida por la zona en la que se puede apreciar que solamente la fortuna impidió que se produjeran víctimas en el pueblo,

resulta necesario evaluar las causas de tamaña destrucción y formular propuestas para evitar este riesgo en el futuro, evitando también la posibilidad de pérdidas humanas o materiales, como así también las erogaciones en que incurre el Estado para auxiliar a los damnificados.

2. EL VIENTO

Las estructuras se diseñan para resistir una determinada acción del viento, caracterizada principalmente por una velocidad asociada a una determinada recurrencia. Por este motivo, para poder poner en perspectiva la tormenta, resulta necesario disponer de algún valor confiable de la velocidad del viento, y compararlo con los valores que según el reglamento de seguridad vigente[4] deben aplicarse.

En este sentido, no resultó posible disponer de información directa sobre la velocidad del viento. En principio, consultada la estación meteorológica de Fisherton, cercana a Rosario, reportó ráfagas de dirección 110º (S-SO) de 90 km/h, (25 m/s) a las 20:10, si bien informó que el anemómetro quedó fuera de servicio ese día.

En principio, según nuestro análisis, la salida de servicio del instrumento no pudo deberse a la velocidad del viento, ya que el mismo tiene capacidad para registrar hasta 180 km/h, según pudo saberse.

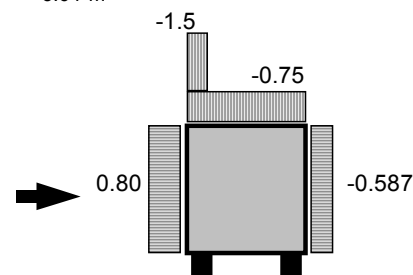
Dado que no se pudo identificar otra estación meteorológica en la zona, no se obtuvieron mediciones directas de la velocidad del viento, por lo que se realizó una estimación indirecta a partir de algunos efectos producidos. Resultó apropiado para este fin el estudio de uno de los varios accidentes producidos sobre la Autopista Rosario – Buenos Aires, en el km 257, cerca de la localidad de Fighiera. En ese hecho, un colectivo de piso elevado que prácticamente se había detenido por efecto de la escasa visibilidad producida por la lluvia y las sacudidas provocadas por el viento, resultó volcado por una ráfaga de viento. Dadas las circunstancias reportadas por el chofer de la unidad[5], y la forma simple y regular de la carrocería, se consideró que podía hacerse una estimación razonable de la velocidad de la ráfaga necesaria para desestabilizar el vehículo.

Figura 2: Colectivo accidentado. Fuente: Clarín, 13/11/2003

Para esta estimación, se consideró que el vuelco se produjo solamente por la acción estática del viento, despreciando posibles efectos dinámicos tales como un acoplamiento entre la frecuencia de las ráfagas y las frecuencias propias de oscilación del sistema dinámico masa – resorte – amortiguador constituido por el vehículo y su suspensión, al no disponerse de estas características dinámicas. No obstante, esta suposición resulta conservadora, al no considerar esta posible amplificación dinámica que podría conducir a un vuelco con una menor velocidad de viento.

Por lo tanto se determinó la velocidad de viento para la cual, aplicando los coeficientes de presión disponibles en el reglamento mencionado, se produce un momento de volcamiento mayor que el momento estabilizador debido al peso de la unidad. Las referencias indicadas en el cálculo que se transcribe a continuación corresponden a los artículos del reglamento. Las dimensiones y pesos de la unidad se tomaron de los datos técnicos de carrocerías y chasis comunes en el medio[6,7,8], considerando que al momento del accidente había quince personas, incluidos los choferes.

Determinación de los pesos y centros de gravedad		Ref. CIRSOC 102 '82
Peso chasis:	7.10 t	
Altura centro de gravedad chasis:	1.00 m	
Peso carrocería:	5.00 t	
Altura centro de gravedad carrocería:	2.33 m	
Peso pasajeros:	1.19 t	
Altura centro de gravedad pasajeros:	2.10 m	
Peso total: (P)	13.29 t	
Altura centro de gravedad total:	1.60 m	
Dimensiones:		6.1.3
Largo del vehículo (a):	14.000 m	
Ancho del vehículo (b):	2.600 m	
Ancho ejes trocha	1.850 m	
Altura total (h+e):	4.165 m	
Separación del piso (e):	0.360 m	
Altura superficie maestra (h):	3.805 m	
Relación de dimensiones: (λ_a = h/a)	0.272	6.1.2
Relación de dimensiones: (λ_b = h/b)	1.463	
a . e / h^2	0.348	6.1.4.4.1
Coeficiente de forma: (γ_e)	1.067	Figura 14
Coeficientes de presión (c_e)		
Barlovento:	0.800	Tabla 6
Sotavento:	-0.587	Tabla 6
Piso:	-0.587	6.2.2
Techo (medio):	-0.750	Figura 17 a)
Techo (local) sobre b/10:	-1.500	6.6.2
Área transversal (A_v):	49.92 m^2	
Área techo (A_h):	36.40 m^2	
Área techo local (A'):	3.64 m^2	

-1.5
-0.75
0.80
-0.587

Coeficientes de momento de volcamiento ($Cv = c_e \cdot A_i \cdot x_i$)				5.2.5.5
Barlovento	93.15 m^3			
Sotavento	68.32 m^3			
Techo (valor medio)	25.25 m^3			
Techo (acción local)	11.44 m^3			
Sumatoria (Cv)	198.16 m^3			
Momento de volcamiento:	$q_z \cdot Cv$			
Momento estabilizante: ($M_e = P \cdot x_g$)	12.29 tm			
Presión dinámica necesaria: ($q_z \geq M_e / Cv$)	0.062 t/m^2	=	62.04 kg/m^2	
Velocidad necesaria: ($V_z = \sqrt{q_z / 0,0613}$)	31.81 m/s	=	114.53 km/h	5.2.3

En el análisis anterior, no se consideró la succión que en teoría existe en el piso, debido a que este efecto favorable se pierde rápidamente al inclinarse el vehículo. Además la velocidad del viento, según el perfil de velocidades, en la parte inferior es mucho menor

que en la parte superior y no se dispone de coeficientes de presión para ese tipo de posición en el reglamento. De todas maneras, si se considera el efecto estabilizante del piso:

Coeficientes de momento de volcamiento ($Cv = c_e \cdot A_i \cdot x_i$)

Barlovento	93.15 m^3
Sotavento	68.32 m^3
Techo (medio)	25.25 m^3
Techo (local)	11.44 m^3
Piso	-19.75 m^3
Sumatoria (Cv)	178.40 m^3

Presión dinámica necesaria	0.069 t/m^2	=	68.907 kg/m^2
Velocidad necesaria	33.53 m/s	=	120.70 km/h

La velocidad necesaria calculada V_z se corrigió para compararla con la velocidad de referencia correspondiente a 10 m de altura y exposición abierta.

Corrección para 10 m de altura

	Sin efecto de piso	Con efecto de piso	
Coeficiente de variación de presión dinámica en altura c_z (4m):	0.773		5.2.4.2
Presión dinámica básica equivalente: ($q_0 = q_z / c_z$)	80.211 kg/m^2	89.093 kg/m^2	
Velocidad básica equivalente: ($V_0 = \sqrt{q_0 / 0,0613}$)	36.17 m/s	38.12 m/s	5.2.3
	130.22 km/h	137.24 km/h	
Coeficiente de velocidad probable c_p equivalente: ($c_p = V_0 / b$)	1.206	1.271	5.2.2

Por lo tanto, se concluye en esta estimación que ráfagas correspondientes a 10 m de altura de 140 km/h o 38.9 m/s, pudieron haber sido suficientes para producir el vuelco del colectivo.

La velocidad de referencia para la zona, según el reglamento, que corresponde a una recurrencia de un año, es de 30 m/s, es decir, 108 km/h. Resulta necesario ahora comparar la recurrencia que en esa zona tienen, según el reglamento, las velocidades de viento estimadas, con las necesarias para una razonable seguridad estructural, que es el cuadro que se transcribe a continuación:

	Grupo 2	**Grupo 3**	
Velocidad de referencia: (b)	30 m/s =	108.00 km/h	Figura 4
Coeficiente de velocidad probable: (c_p)	1.65	1.45	Tabla 2
Velocidad básica: (V_o)	49.5 m/s	43.5 m/s	5.2.2
	178.2 km/h	156.6 km/h	

En el cuadro anterior, el grupo 2 corresponde a la mayoría de las construcciones de vivienda, oficinas, industrias, etc. A estas se les asigna un período de vida de 25 años con una probabilidad de 0,50, lo que corresponde al valor de c_p = 1,65. El grupo 3 corresponde a construcciones rurales y edificios industriales con bajo factor de ocupación, para los que se les asigna una recurrencia menor, expresada por el coeficiente de velocidad probable c_p = 1,45, que representa una vida media de 10 años con una probabilidad de 0,50.

Puede verse que en todos los casos los coeficientes de velocidad probable correspondientes a las velocidades estimadas son muy inferiores a los que prevé el

reglamento, por lo que la recurrencia de estas velocidades debe ser muy inferior a los valores previstos. En otras palabras, no se trató de vientos extraordinarios.

3. LO QUE SE LLEVÓ

Habiendo obtenido una estimación racional de la velocidad del viento, podemos ahora describir los daños sufridos en Pavón Arriba y otras localidades cercanas, para tratar de identificar las causas y proponer soluciones.

Se hizo un relevamiento de varias de las construcciones afectadas, siendo prácticamente en su totalidad silos metálicos y galpones de cubierta curva y estructura metálica. En la zona recorrida no se vieron daños severos a viviendas, salvo algunas de extrema precariedad, que aún así no presentaban colapsos totales. Resultó también seriamente afectado el cuartel de bomberos de la localidad, lo que resulta preocupante desde el punto de vista de la seguridad, ya que los criterios establecen que determinadas construcciones tales como hospitales, centrales eléctricas, industrias riesgosas, cuarteles de bomberos y otras deben permanecer operativas en caso de desastre, por lo que siempre se les asigna valores más elevados de recurrencia.

A continuación, se incluyen algunas fotografías representativas de los casos más comunes encontrados en el relevamiento.

Silo celda nuevo ubicado en Villa Amelia. Fallas localizadas por fijaciones insuficientes de las chapas.

Ídem silo celda anterior. Fallas generalizadas por pandeo local en columnas.

Galpón sobre acceso a Villa Amelia. Fallas localizadas por fijaciones de chapas y pandeo local en correas. Orientación E-O.

Silo ubicado en Pavón Arriba. Anclajes insuficientes en cono de HºAº, 2Ø16 cada 1,20m, longitud 20cm

Otra unidad de la misma planta. Anclajes con insertos PNL 2” cada 1,50m, longitud 20cm

Galpón de la misma planta. Orientación N-S

Ídem galpón anterior

Ídem galpón anterior. Detalle soldadura a tope sobre columna IPN

Ídem galpón anterior. Detalle uniones correas

Galpón vecino a la planta anterior. Orientación E-O

Ídem galpón anterior. Detalle de pandeo de correas, ausencia de contraviento

Ídem galpón anterior. Detalle de pandeo local de columnas construidas con acero para hormigón Ø10

Galpón próximo al centro de Pavón Arriba, construido cuatro meses antes de la tormenta. Orientación N-S

Ídem galpón anterior. Detalle de soldaduras sobre barras para hormigón armado

Ídem galpón anterior.
Detalle de base levantada, dimensiones 0,30x0,40x0,50m, peso aproximado 150 kg

Ídem galpón anterior. Pandeo del arco.

Galpón en Pavón Arriba. Detalle de fijaciones de chapas con remaches "POP" de aluminio.

Silo sobre RP18, Paraje 4 Bocas.

Cubierta de celda en RP18, Paraje 4 Bocas

Colapso total de galpón, Paraje 4 Bocas

Durante el relevamiento se tomó contacto en la mayoría de los casos con los propietarios o encargados de las construcciones, a quienes se les preguntó sobre distintos aspectos relativos a las mismas, por ejemplo, antigüedad, si había ocupantes al momento del colapso, secuencia de la falla, quién construyó la obra y quien había sido el ingeniero que la proyectó y/o dirigió.

Con respecto a la antigüedad, era variable, algunas tenían algunos años y otras eran de sólo algunos meses, en gran parte impulsadas por los favorables precios de los productos agrícolas. En uno de los casos se pudo hablar con el ocupante del galpón al momento del colapso, quién no pudo informar como se había producido la falla ya que se había metido de cabeza en una fosa, según sus propias palabras, al escuchar la vibración de

las chapas. Debido al horario en que se produjo la tormenta, la mayoría de la gente se encontraba en sus casas y no pudo ver el momento de la caída de los silos o galpones, lo que seguramente contribuyó a que no se produjeran víctimas.

La pregunta clave para entender la falla, fue la relativa a la construcción. En todos los casos, la respuesta indicó que en la construcción no participó ningún profesional, es más, hasta había extrañeza ante la pregunta. La construcción fue realizada en todos los casos entrevistados por herreros o empresas, pero sin intervención alguna de un profesional. Esto último fue confirmado mediante averiguaciones al Colegio de Ingenieros Civiles con jurisdicción en la zona, que informó que no existía ningún expediente presentado por silos o galpones en esas localidades, por lo que se trató, en todos los casos, de construcciones realizadas de manera irregular. El poder de policía de la construcción recae en los municipios y comunas, los que deben exigir el cumplimiento de las leyes, ordenanzas y reglamentaciones vigentes. Entre otra, la firma y el visado correspondiente de un profesional. Esta falta de absoluta de control, provocó pérdidas cuantiosas a los propietarios, quienes sorprendidos en su buena fe, están convencidos de que sus silos y galpones "eran para 200 km/h", según les habían asegurado los fabricantes y vendedores. Provocó también erogaciones al Estado, quien salió a subsidiar a quienes habían construido fuera de toda legislación. Y solamente la casualidad hizo que no se debieran lamentar más víctimas fatales. La falta total de control hizo también que en algunas construcciones donde su tipología indica que ha intervenido algún profesional, este no observara las normas estrictamente al saberse libre de responsabilidades por no firmar nada.

Desde el punto de vista técnico, las patologías más comunes fueron:

- Diseño estructural inapropiado, al carecer de elementos tales como contravientos.
- Uso de materiales inadecuados.
- Dimensionamiento insuficiente de elementos estructurales tales como barras y zapatas y medios de unión, tales como bulones, soldaduras y fijaciones.

4. CONCLUSIONES

La ausencia de los controles por parte del Estado, representado en este caso por las Comunas, al permitir construir cualquier cosa sin exigir el cumplimiento de las leyes y reglamentos existentes, favorece las prácticas inescrupulosas de algunos fabricantes, lo que provoca pérdidas materiales, y pone en grave riesgo la vida humana, ante situaciones como

una tormenta que es sólo un poco más intensa que las más frecuente y está muy por debajo de los valores previstos en las normas de práctica.

Para evitar la repetición de hechos como este, será necesario que el Estado cumpla el rol que le compete, exigiendo el cumplimiento de la normativa establecida, aunque a veces resulte esto antipático en pequeñas localidades donde todos conocen al Presidente comunal.

Es necesario también hacer docencia desde el Estado y desde las Instituciones Profesionales, acerca de los derechos de quien contrata una obra y los deberes de quien la construye, difundiendo la responsabilidad que les compete a los profesionales, y no sentando precedentes de indemnizar a todos por igual, no importa si cumplieron o no con las leyes.

---

[1] La Capital, Rosario, 13/11/2003
[2] La Capital, Rosario, 12/11/2003
[3] La Capital, Rosario, 13/11/2003
[4]INTI, 1982, **REGLAMENTO CIRSOC 102: ACCIÓN DEL VIENTO SOBRE LAS CONSTRUCCIONES**, Buenos Aires, pp.115.
[5] La Capital, 12/11/2003
[6] http://www.marcopolo.com.br
[7] http://www.volvo.com/bus/global/
[8] http://www.scania.com.ar

LA CATÁSTROFE DE SANTA FE

SILVIA A. C. DOLDÁN[1]

[1]Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Santa Fe
Dirección de Estudios y Proyectos de la Dirección Provincial de Vialidad de Santa Fe
sacdoldan@yahoo.com.ar

DOLDÁN, S. A. C. La catástrofe de Santa Fe. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p.819-833. (CD-ROM)

RESUMEN
En el mes de abril del año 2003 la ciudad de Santa Fe sufrió una catástrofe considerada el peor desastre natural de la Argentina: la crecida del Río Salado, que inundó grandes áreas tanto de la provincia como de la ciudad, causando cuantiosos daños sociales y materiales. Las altas precipitaciones que se produjeron en la cuenca del río provocaron una masa hídrica que se propagó con caudales del orden de 3100 m^3/s y velocidades superiores a 2,5 m/s produciéndose el pico de la creciente entre los días 29 y 30 de abril. La emergencia hídrica declarada a partir de esta creciente del río Salado afectó en forma directa a 104.070 habitantes de la ciudad, lo cual representa un 27% del total de la población. Oficialmente los muertos totalizaron 26, a lo que hay que sumar 67 desaparecidos. La cantidad de viviendas afectadas está estimada en 27.928, teniendo en cuenta las 20 vecinales afectadas en la totalidad de su jurisdicción y otras 9 que sufrieron anegaciones parciales. Un estudio realizado señala que las pérdidas a causa de la catastrófica inundación ascenderían a la suma de 1.500 millones de dólares. El objetivo de este trabajo es reflejar la situación que se vivió con motivo del desastre natural que abatió a la provincia; hacer una evaluación de las consecuencias tanto sociales como económicas y de las acciones que deberían emprenderse a fin de que una tragedia como esta no vuelva a producirse.
Palabras-clave: inundación, Río Salado, catástrofe .

THE CATASTROPHE OF SANTA FE

ABSTRACT
In April, 2003, Santa Fe city supported the worst natural catastrophe of Argentina: the flood of Salado River´s, that covered big areas of the city and the province. This situation caused copious material and social damages. Strong rains in the basin of the river produced flows up to 3100 m^3/s and speeds over 2,5 m/s. The maximum record was on April 29 and 30. The emergency affected 104.070 persons directly, a 27 % of total city population; 27.928 houses were covered by the water; 20 neighbourhoods were completely affected and 9 partially. 26 deads and 67 disappeared were officialy declared. A research showed that the damages are around 1.500 million dollar. The object of this work is to reflect the situation lived in the province, to evaluate social and economical consequences and to propose actions in order to avoid this kind of tragedy in the future.
Key-words: flood, Salado River, catastrophe.

1. INTRODUCCIÓN

En el mes de abril del año 2003 la ciudad de Santa Fe sufrió una catástrofe considerada el peor desastre natural de la Argentina: la crecida del Río Salado, que inundó grandes áreas tanto de la provincia como de la ciudad, causando cuantiosos daños sociales y materiales.

Santa Fe de la Veracruz se encuentra ubicada entre dos grandes ríos, el Paraná y el Salado. Ambos son ríos de llanura y periódicamente se han registrado crecidas de diferentes magnitudes y, generalmente, no sincrónicas.

Si bien la ciudad se encuentra emplazada en un área susceptible de ser afectada por inundaciones, una sumatoria de acciones, omisiones y fenómenos naturales generó la catástrofe. Largos períodos sin crecidas extraordinarias favorecieron la ocupación de parte del valle de inundación del río Salado, debido esto al bajo costo inmobiliario de los terrenos y la falta de normativa regulatoria del uso del suelo. Desde hace más de diez años ya no se miden las alturas y los caudales del río, al igual que en otras muchas cuencas de Argentina.

En la década de los 90 se construyeron obras de defensa, uno de cuyos tramos quedó inconcluso y por allí comenzó el ingreso del agua a modo de torrente y luego quedó ocupando la ciudad sin poder desagotar. Hubo mayor altura de agua dentro de la ciudad que en el valle del río.

Se debió apelar a la voladura con explosivos de parte de la defensa oeste de la ciudad y de la Avenida de Circunvalación Mar Argentino para permitir que el agua llegara a su valle, aguas debajo de la ciudad.

Por muchos días gran parte de la ciudad careció de energía eléctrica: la estación transformadora se había llenado de agua.

El Hospital de Niños, construido hace muy pocos años, muy moderno y con tecnología de punta, debió ser evacuado dramáticamente. Su planta baja se inundó totalmente.

La falta de datos hidrológicos, la no existencia de programas de monitoreo y sobre todo la carencia de regulaciones, control y planes de contingencia hizo que la evacuación y autoevacuación fueran caóticas: escuelas, gimnasios y cuanto lugar se pudo encontrar disponible sirvieron de albergue a las personas, que muchas veces incluso tenían que volver a trasladarse pues el agua iba alcanzando los lugares de refugio. Por muchos días familias enteras estuvieron desencontradas.

Pero la sociedad se organizó y colaboró de manera ejemplar, agrupaciones intermedias autoconvocadas y aún particulares individualmente con sus vehículos y lanchas colaboraron. El país todo envió ayuda, el mundo entero se conmovió.

2. ANTECEDENTES

El Río Salado nace en la provincia de Salta con el nombre de Río Juramento, cruza luego Santiago del Estero, donde cambia su nombre por el de Río Salado, en dirección NO-SE y desagua en el Río Paraná, en Santa Fe.

En su recorrido de aproximadamente 1500 km. afecta una superficie de 247.000 km^2.

El mismo se divide claramente en tres áreas de comportamientos hidrológicos completamente distintos, a saber:

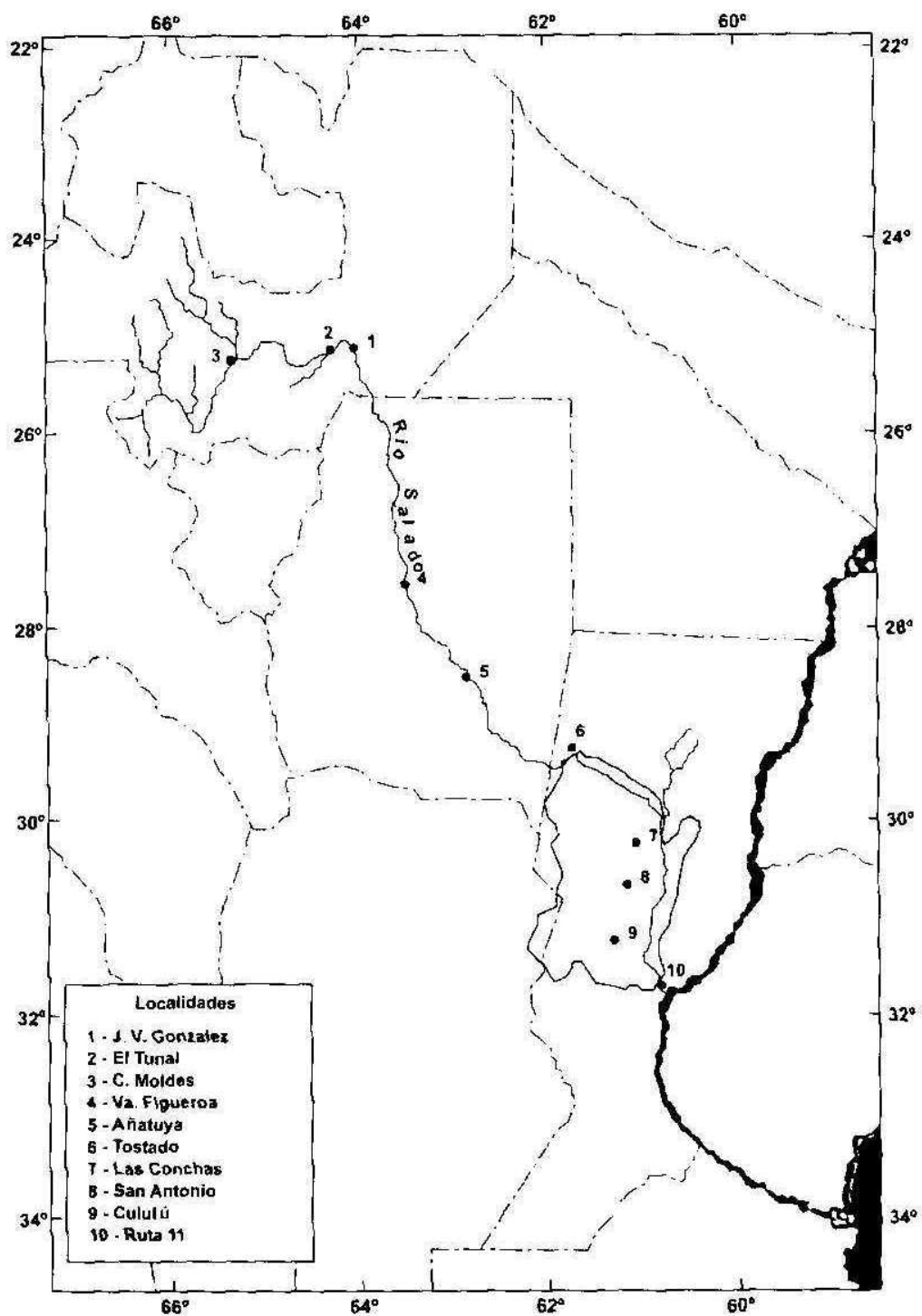
- ⇨ la **cuenca superior** que se extiende desde el nacimiento del río hasta El Tunal o Joaquín V. González en la provincia de Salta presenta un comportamiento con gradientes de escurrimientos con las características propias de un río de montaña, tanto en su curso principal como en sus afluentes
- ⇨ la **cuenca media**, a partir de la localidad de Joaquín V. González ingresando en la provincia de Santiago del Estero comportándose como un de río de llanura, no recibiendo afluentes a su paso y atravesando zonas de desbordamiento como son los bañados de Copo, Figueroa y Añatuya
- ⇨ la **cuenca inferior**, en su recorrido por la provincia de Santa Fe, toma una orientación N-S y recibe el aporte natural de los arroyos Las Conchas, San Antonio y Cululú como así también el aporte de cuencas cerradas como el sistema interlagunar de las Lagunas Palos Negros y Cabral, producto de las obras de canalización realizadas

Esta cuenca atraviesa una llanura aluvial con precipitaciones abundantes y ondulaciones en el terreno de rumbo submeridional, que dificultan su desagote.

Una característica climática destacable de esta zona es la alternancia de sequías e inundaciones, lo que sumado a la dificultad de desagote anteriormente mencionada produce la salinización de los suelos.

Las precipitaciones en esta área son menores durante el invierno, se incrementan en la primavera y llegan al máximo durante el verano, siendo marzo el mes más lluvioso.

Esta región de la cuenca es netamente agrícola y el clima benigno que presenta constituye un factor preponderante en la productividad, pero la alternancia de sequías e inundaciones puede ocasionar perjuicios en la economía regional.

Cuenca del Río Salado

Fuente: Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Hídricas (INCYTH)

3. INVASIÓN HÍDRICA

El tramo final de esta cuenca inferior se ubica a partir de su intersección con la Ruta Provincial Nº 70, que une la ciudad de Esperanza con la de Santa Fe a través de la Ruta Nacional Nº 11 y su desembocadura al Paraná la realiza frente a la Isla Los Sapos posterior a la ciudad de Santo Tomé.

En la ciudad de Santa Fe, el Río Salado bordea a las vecinales ubicadas en el sector oeste del ejido municipal. Su primer encuentro lo constituyen las vecinales San Agustín y Estanislao López, prosigue su paso bordeando la defensa Irigoyen I y II sobre el sector derecho de la Avenida de Circunvalación Oeste, estando al este de esta avenida las vecinales de Villa Hipódromo, San Pantaleón, Barranquitas Oeste, Barranquitas Sur, Villa del Parque, Roma, Santa Rosa de Lima, Roque Saénz Peña, San Lorenzo, Chalet, San Jerónimo y Centenario.

La diferencia de nivel existente en su curso entre los extremos norte y sur de su encuentro con la ciudad es superior a los 2 metros.

La obra de defensa de la Circunvalación Oeste, como puede observarse en el mapa que sigue, posee un coronamiento de 9 metros, y su cerramiento norte concluye abruptamente frente a los ingresos del Hipódromo y a la cancha de golf del Jockey Club para proseguir luego con un montículo bajo que fue fácilmente superado por la masa líquida que invadió el sector oeste de la ciudad.

De acuerdo a estudios realizados por la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral y el Instituto Nacional del Agua, tomando valores históricos de crecidas del río, se recomendaba la ampliación del Puente sobre el Río Salado en la Autopista Santa Fe – Rosario, en por lo menos 300 a 400 m para disminuir los efectos erosivos que se producen en cada crecida y evitar también la sobreelevación que provoca el terraplén de contención que incrementa el nivel de aguas arriba.

Fuente: Diario El Litoral

Los registros de crecientes medidos en caudales sobre este puente son los siguientes:

Año 1973	2500 m^3/s
Año 1978	1800 m^3/s
Año 1981	1400 m^3/s
Año 1998	2500 m^3/s
Año 2003	3100 m^3/s

El fenómeno hídrico que se presentó fue producto de las altas precipitaciones que se produjeron en todo el tramo santafesino de la cuenca del salado, cuyos mayores montos pluviométricos se produjeron durante los días 22 y 24 de abril.

El día 28 de abril se registraba en la escala del hidrómetro instalada en el Instituto Nacional de Limnología (INALI) una lectura de 5,75 metros, que ya el día 29 ascendía a 6,25 metros mostrando el aceleramiento de la onda de crecida.

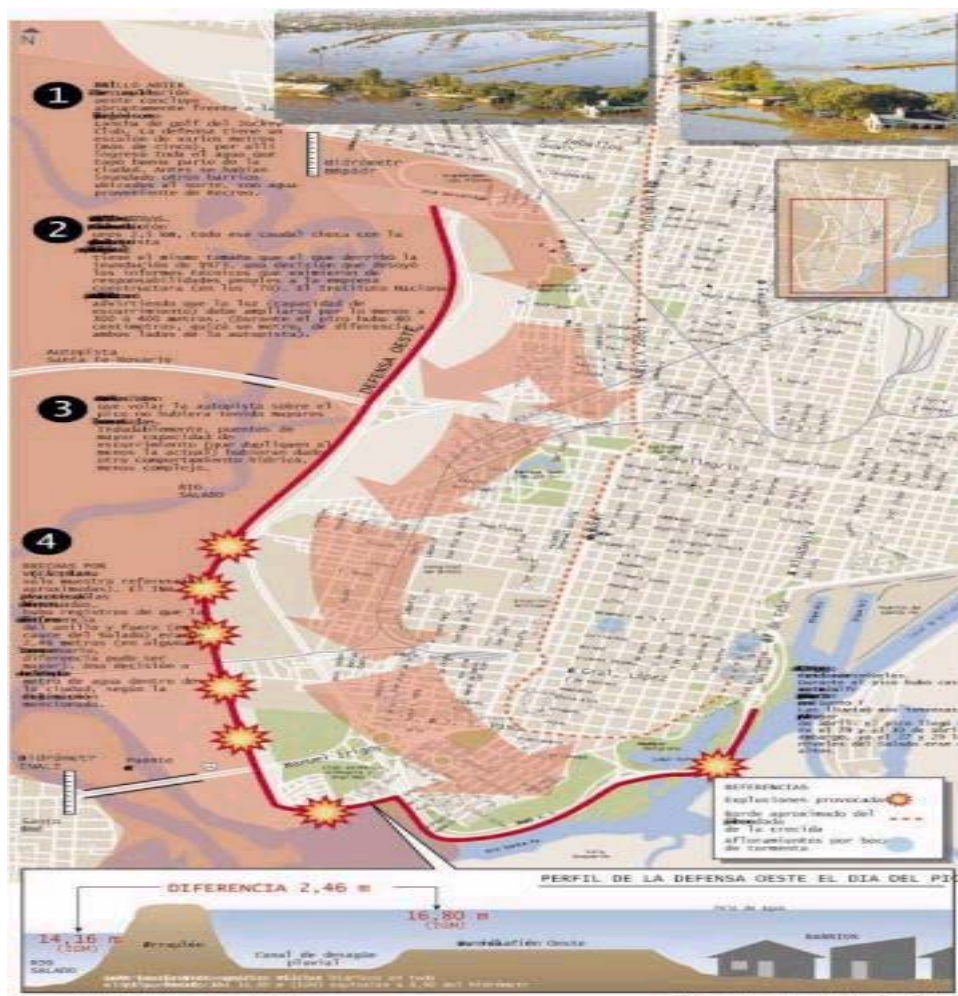
Esta onda se propagó hacia la ciudad de Santa Fe con caudales del orden de 3100 m^3/s y velocidades superiores a 2,5 m/s, lo que hizo que al llegar al Puente de la autopista Santa Fe – Rosario no se pudiera evacuar la enorme masa hídrica produciéndose el pico de la creciente entre los días 29 y 30 de abril de 2003.

El efecto de presa producido por el Puente se tradujo en un incremento gradual de los niveles aguas arriba de dicha obra, lo que produjo el ingreso del agua por desbordamiento del terraplén de la obra de defensa inconclusa en el sector del Hipódromo y el Jockey Club.

El agua avanzó en dirección N – S en forma paralela a las líneas de corriente propias del río sobre el canal de desagüe de la Avenida de Circunvalación Oeste.

La enorme masa hídrica continuó su avance por todas las vecinales del oeste de la ciudad hasta llegar a la zona sur, arrasando todo a su paso.

Llegó a haber mayor altura de agua dentro de la ciudad que en el valle del río.

A los efectos de evacuar la masa hídrica hubo que realizar voladuras en el terraplén Irigoyen sobre el sector S-O de la ciudad, así como también en la Avenida Mar Argentino, ya que la zona dentro del terraplén se comportaba como un recinto estanco del cual el agua por sí sola no podía desagotar.

Fuente: Diario El Litoral

Una vez que se hubo desagotado el agua contenida en este recinto, se procedió a los cierres de las brechas existentes.

4. CONSECUENCIAS DEL DESASTRE

La emergencia hídrica declarada a partir de esta creciente del río Salado afectó en forma directa a 104.070 habitantes de la ciudad, lo cual representa un 27% del total de la población.

El 60 por ciento de la ciudad de Santa Fe se inundó, lo que provocó el corte de casi todas las rutas de la zona. El agua llegó a 10 cuadras de la Casa de Gobierno, en pleno centro de la ciudad.

La cantidad de viviendas afectadas se estima en 27.928, teniendo en cuenta las 20 vecinales afectadas en la totalidad de su jurisdicción y otras 9 que sufrieron anegaciones parciales.

Fuente: CONAE

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Industria y Comercio de la provincia, informó que las pérdidas en el campo se cuentan en cifras superiores a los 300 millones de dólares. Precisó que hay 200 mil hectáreas anegadas en la provincia y un millón de cabezas de ganado afectadas.

La cuenca lechera más importante de América Latina, localizada en Santa Fe, que es la zona de mayor afluencia de leche que consume el país y a su vez abastece a las principales cooperativas de la Argentina, se vio altamente comprometida debido a que un animal que produce leche debe alimentarse y en ese momento no contaba con pasto ni raciones adicionales. Por otra parte, la intransitabilidad de los caminos debido a las lluvias que los ahuellaron profundamente acarreó la consecuente dificultad para recoger la producción y dar de comer a los animales.

Asimismo, el exceso de agua produce la salinización de los suelos por la que éstos pierden su aptitud para la actividad agrícola y cuyas consecuencias tardan años en revertirse, otra causa más en detrimento de la producción agropecuaria.

Un estudio realizado por el Instituto de Estudios Económicos de la Fundación Libertad en Rosario señala que las pérdidas a causa de la catastrófica inundación ascenderían a la suma de 1.500 millones de dólares. El informe precisa que el monto estimado para la reconstrucción incluye los costos de recomposición del sistema energético, gasífero, cloacal, redes telefónicas, obras viales, viviendas, etc.

Hubo que lamentar pérdidas humanas consecuencia por un lado de las fuertes corrientes con que se dirigía la masa hídrica y también a causa del encierro en el interior de la vivienda de personas que se vieron imposibilitadas de escapar al avance de las aguas.

Vista de una calle céntrica de la ciudad

Oficialmente los muertos totalizaron 26 personas, a lo que hay que sumar 67 desaparecidos.

Los daños económicos muy cuantiosos se produjeron tanto en viviendas particulares como en edificaciones del Estado: en el Hospital Provincial de Niños "Dr. Orlando Alassia" el agua superó los 1,50 metros, causando la pérdida de instrumental médico de alta complejidad, más de 20 establecimientos educacionales provinciales quedaron bajo el agua, sufrieron daños las instalaciones del Tiro Federal perteneciente al Ejército Argentino, oficinas públicas, clubes, etc.

Otro grave problema que se presentó fue el de la basura que estuvo en contacto con las aguas que al invadir la ciudad se poblaron de deshechos cloacales, industriales, sustancias altamente contaminantes, todo lo que encontraban a su paso.

Se calcula que son 60.000 toneladas de desechos que estuvieron en contacto con aguas infectadas: veinte mil toneladas más que las que la ciudad genera a lo largo de todo un año.

Santa Fe estaba sumergida en una crisis sanitaria sin precedentes.

Todo este cuadro originó, como era de esperarse, problemas de salud en la población.

Se notificaron casos de hepatitis, diarrea, varicela y leptospirosis.

Se atendió a la población en centros de salud brindándoles vacunación preventiva, acciones de prevención y atención a embarazadas en término, puérperas, recién nacidos y niños menores de 5 años en situación de emergencia.

También se implementaron actividades de control del medio ambiente con tareas de capacitación, difusión, control del agua potable y limpieza básica de los lugares afectados.

Se atendió a la enorme cantidad de animales que vagaban por las calles, brindándoles vacunación preventiva de zoonosis mediante tratamientos con penicilina-estreptomicina, vacuna antirrábica, tratamiento antisárnico, inmunización contra leptospirosis, etc.

Fotografía aérea de la ciudad cubierta por las aguas

La inundación de Santa Fe por el desborde del Río Salado fue el peor desastre ambiental producido no sólo en la provincia sino en todo nuestro país. Pero una parte positiva que se vislumbraría en este desastre debiera ser la experiencia de la cual extraer conclusiones.

5. UN AÑO DESPUÉS

Un año después de la catástrofe hídrica, aun hay familias que siguen viviendo en las carpas que se colocaron en un campamento para evacuados en aquella oportunidad. Los terrenos en los que se construirán sus viviendas con bloques que fueron donados por la Agencia Adventista de Desarrollo y Recursos Asistenciales (Aadra) no están todavía en condiciones de ser ocupados ya que es necesario que el municipio se encargue de refularlos.

Una comisión multisectorial creada adhoc para la elaboración del mapa definitivo de la inundación por el desborde del Río Salado, relevó la ciudad y estableció un mapa de cotas.

En él pueden observarse los niveles que alcanzó el agua en los distintos barrios de la ciudad de Santa Fe, con el fin de poder evaluar de esta manera los daño sufridos en cada zona.

Por otra parte se creó un organismo llamado Ente de la Reconstrucción que sobre la base del mapa de cotas elaborado por la comisión multisectorial se encarga de definir los montos de la reparación económica que corresponde a cada caso especial.

Los agentes del Ente de la Reconstrucción recorren los distintos barrios de la ciudad verificando la zona de emplazamiento de las viviendas afectadas como así también los metros cuadrados de superficie cubierta y la categoría de la vivienda (datos estos que serán informados por el Servicio de Catastro e Información Territorial).

Sobre la base de este relevamiento se estiman los valores que corresponden cobrar bajo concepto de reparación económica oficial por los daños sufridos.

No sólo la ciudad de Santa Fe fue afectada por el desborde del río sino también otras localidades vecinas (como Monte Vera, Recreo, Angel Gallardo). La idea es que a través de convenios con las comunas de dichas localidades afectadas el Ente de la Reconstrucción también efectúe tareas de relevamiento en ellas a fin de establecer los montos de los daños para la reparación económica de sus pobladores.

6. INVERSIONES TRAS LA DURA LECCIÓN

Tras el luctuoso desastre, hoy se avanza en los trabajos para cerrar por fin la defensa de la circunvalación oeste, que es por donde comenzó el ingreso del agua a la ciudad, obra que irá desde calle Gorostiaga hasta el norte de la localidad de Recreo con una longitud total de 19,1 km.

Se prevé también la construcción de nuevos puentes sobre la Ruta Provincial Nº 70 de acuerdo a las dimensiones que siempre debieron tener para no convertirse en obstáculos para el escurrimiento de las aguas.

El puente Carretero también sobre el Río Salado que une las ciudades de Santa Fe con Santo Tomé necesita la reconstrucción de taludes en uno de sus estribos, y la margen santotomesina sufrió daños que requieren de un estudio técnico detallado que se estaría gestando para diseñar las obras necesarias.

El puente de la autopista Santa Fe – Rosario cuya longitud actual es de 155 m se está ampliando en 300 m, siendo ésta una decisión con 30 años de atraso ya que en 1973 el río se llevó este puente que volvió a construirse en el mismo lugar y con la misma longitud. Luego, en el año 1998 cuando vino una nueva crecida que produjo diferencias de aproximadamente 1 m entre uno y otro lado de la autopista el Instituto Nacional del Agua recomendó un ensanche del puente (como mínimo que se triplicara la luz de escurrimiento), pero esta recomendación no fue tenida en cuenta, aún con el antecedente de 1973.

Se repararon también el Hospital de Niños, los establecimientos educativos afectados por la inundación, la infraestructura y los servicios afectados por el agua.

Los sectores productivos, industriales y comerciales también necesitan ser tenidos en cuenta a los fines de los resarcimientos económicos pertinentes. Aún se están analizando las posibilidades de extenderse créditos blandos o excensiones de impuestos para los involucrados, pero todavía hay mucho que hacer al respecto.

7. ¿Y EL PLAN DE CONTINGENCIA?

Al definir desastre podríamos decir que es todo aquel evento que sobrepasa la capacidad de respuesta.

Un plan de contingencia es aquel que permite tener ideas claras y roles definidos en el momento en que sucede este evento que pueda sobrepasar la capacidad de respuesta.

El término contingencia alude a algo no previsible que va por fuera del pensamiento lógico y la acción racional.

Los planes tienen por objeto mitigar, disminuir los efectos de la situación.

Pero esto no es sólo un papel escrito que diga lo que hay que hacer y que a veces nadie lee: es un conjunto de acciones que hay que tener en cuenta antes de la emergencia, después y durante la fase de rehabilitación.

No sólo alcanza con que haya gente con capacidad de atender la emergencia en el momento en que se produce, sino que lo que se necesita es la coordinación y unificación de criterios, la participación de la comunidad trabajando codo a codo con políticos y técnicos y establecer desde un primer momento cuáles serán los roles que tendrán cada uno de los actores al momento de la emergencia.

La mayoría de las veces que ocurren desastres lo que sucede es que no se logra instrumentar de manera adecuada la ayuda debido a problemas iniciales de unificación de criterios.

Por otra parte, el hecho de poseer un plan de contingencia diseñado que no haya sido revisado y que además no haya llegado a publicitarse, no permitirá en el momento de necesidad poder implementarlo.

El plan de contingencia no tiene validez cuando la gente afectada no sabe lo que tiene que hacer y cuando las personas que tienen que tomar las decisiones tampoco lo conocen.

Además, deberá existir una continuidad en su elaboración, esto es, no se puede hacer un plan de contingencia cada dos o tres años y mientras tanto nada porque al momento de necesitarlo dicho plan puede ser inapropiado.

Básicamente son tres los elementos que deberán coaccionar para el logro del objetivo: las decisiones políticas, la participación de la sociedad y la comunicación.

Las decisiones políticas que encaminarán las acciones de evacuación, contención, etc., la participación de la sociedad que deberá tener un grado de preparación tal que le permita saber qué hacer en el momento adecuado y el tema comunicacional que hará que el mensaje forme parte de una estrategia de comunicación que provea información en todo momento y lugar.

8. Aprender la lección

¿Habremos aprendido la lección de lo ocurrido en Santa Fe?

El mensaje de la naturaleza fue claro y fuerte: no se pueden ignorar los ritmos y las ecuaciones de la Tierra desde las anteojeras de nuestros mundos urbanos.

Todavía hay muchas cosas por hacer y decisiones que tomar, a presente y futuro.

Esperemos que no nos sorprenda una nueva inundación sin haber gestionado las estrategias de prevención y contención que permitan lograr una adecuada gestión del riesgo.

9. BIBLIOGRAFIA

Diario El Litoral	Abril de 2003-2004	Santa Fe
Diario Clarín	Abril de 2003-2004	Buenos Aires
Diario Página 12	Abril de 2003-2004	Rosario
Fundación Centro. Instituto de Estudios Regionales	2003	Santa Fe
Fundación Libertad. Instituto de Estudios Económicos	2003	Rosario
Fundación Habitat y Desarrollo	2003	Santa Fe
Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Hídricas	2003	Santa Fe
Instituto Nacional del Agua	2003	Santa Fe
Instituto Nacional de Limnología	2003	Santa Fe
Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas	2003	Santa Fe
Ministerio de Agricultura, Ganadería, Industria y Comercio de la provincia	2003	Santa Fe
Secretariado de manejo del ambiente en América Latina y el Caribe para el desarrollo sustentable	2003	Uruguay
Rafaela.com. Webmaster	2003	Rafaela

PAPEL DA COMUNIDADE E DA UNIVERSIDADE NO GERENCIAMENTO DE DESASTRES NATURAIS

MASATO KOBIYAMA[1]
TATIANE CHECCHIA[2]
ROBERTO VALMIR DA SILVA[2]
PAULO HENRIQUE SCHRÖDER[3]
ÂNGELA GRANDO[3]
GISELE MARILHA PEREIRA REGINATTO[3]

[1]Dep. de Engenharia Sanitária e Ambiental
[2] Programa de Pós-graduação em Eng. Ambiental
[1, 2, 3] Universidade Federal de Santa Catarina,
Caixa Postal 476, Florianópolis – SC, Brasil. CEP 88040-970
{kobiyama, tatiane, Roberto}@ens.ufsc.br; phschroder@ibest.com.br;
angelilha@pop.com.br; giselemarilha@yahoo.com.br

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R. V.; SCHRÖDER, P. H.; GRANDO, A. REGINATTO, G. M. P. Papel das comunidades e da universidade no gerenciamento de desastres naturais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 834-846. (CD-ROM)

RESUMO
Os desastres naturais no Brasil têm sido tratados de forma segmentada entre os diversos setores da sociedade. Nos últimos anos vem ocorrendo uma intensificação dos prejuízos causados por estes fenômenos devido ao mau planejamento urbano. Ações integradas entre comunidades e universidades são fundamentais para que sejam mitigados os efeitos dos desastres naturais. As universidades devem contribuir na compreensão de diagnósticos dos desastres naturais e seus mecanismos através de monitoramento e modelagem. Estas informações devem ser repassadas à sociedade, que, de forma organizada deve agir para minimização dos danos provocados por estes. Num contexto micro sugere-se a criação de grupos compostos por vizinhos capacitados para agir durante as fases de pré-evento, durante e depois do evento, auxiliando os órgãos municipais de defesa civil.
Palavras-chave: gerenciamento de desastres naturais, grupo de auto-defesa para desastres naturais, pesquisa científica.

ROLES OF COMMUNITY AND UNIVERSITY IN NATURAL DISASTER MANAGEMENT

ABSTRACT
In Brazil, natural disasters have been treated by various societies. Recently the damage intensification of these phenomenons has occurred because of the incorrect urban management. To minimize the effects of natural disasters, the integrated actions between communities and universities are fundamental. The universities must contribute in understanding of diagnostics and mechanism of natural disasters through monitoring and modeling. The obtained information must be transferred to communities which have auto-organize and perform to minimize natural disasters. At the local point of view, it is recommended to create the acquainted-neighbors´ groups. These groups will have to be capacitated to act before, during and after the disasters and to assist the municipal organs of civil defense.
Key-words: natural disaster management, scientific research, self defense group.

1. INTRODUÇÃO

Inundações, deslizamentos, desmoronamentos e enxurradas são fenômenos naturais, fortemente influenciados pelas características regionais, tais como, rocha, solo, paisagem, condições meteorológicas, entre outros. Desta forma, encontram-se normalmente no ecossistema, podendo alterá-lo drasticamente ou catastroficamente.

Quando estes fenômenos intensos ocorrem em locais onde os seres humanos vivem, resultando em "prejuízos" materiais e humanos, chamam a atenção da sociedade, e, portanto, são tratados como "desastres naturais".

Estes desastres que influenciam as atividades humanas vêm historicamente intensificando-se devido ao mau gerenciamento das bacias hidrográficas, especialmente pela urbanização desordenada. Além disso, o aquecimento global aumenta a freqüência e a intensidade de eventos de chuva, acarretando no aumento da incidência de desastres naturais (KOBIYAMA et al., 2003).

BBC BRASIL (2003) relata que o Brasil é o país do continente americano com o maior número de pessoas afetadas por desastres naturais. Buscando os dados registrados pelo *Emergency Disasters Data Base* (EM-DAT, 2004), podemos reconhecer o número de perda de vidas humanas devido aos desastres naturais no Brasil (Figura 1). Aqui, vale lembrar que, como esta estatística possui caráter mundial, não deve ter uma boa exatidão. Mesmo assim, podemos perceber a tendência brasileira. Nesta figura, encontra-se também a série temporal da população brasileira, obtida com IBGE (2004). Pela comparação das duas informações, podemos dizer que no Brasil os casos de mortes humanas ocasionadas pelos desastres naturais vêm se reduzindo no decorrer do tempo, apesar do aumento da urbanização. Isto implica na presença da ação de diversos setores que atuam na defesa civil.

Para evitar a vulnerabilidade e obter uma vida saudável, deve ser realizada a prevenção e a mitigação dos desastres naturais. Embora o ideal seja o impedimento de qualquer dano o que geraria uma prevenção perfeita isto é, prejuízo zero, o possível é a realização da mitigação, ou seja, a máxima redução dos prejuízos causados pelos desastres naturais. Isso porque nós seres humanos não adquirimos conhecimentos suficientes para controlar e dominar os fenômenos naturais.

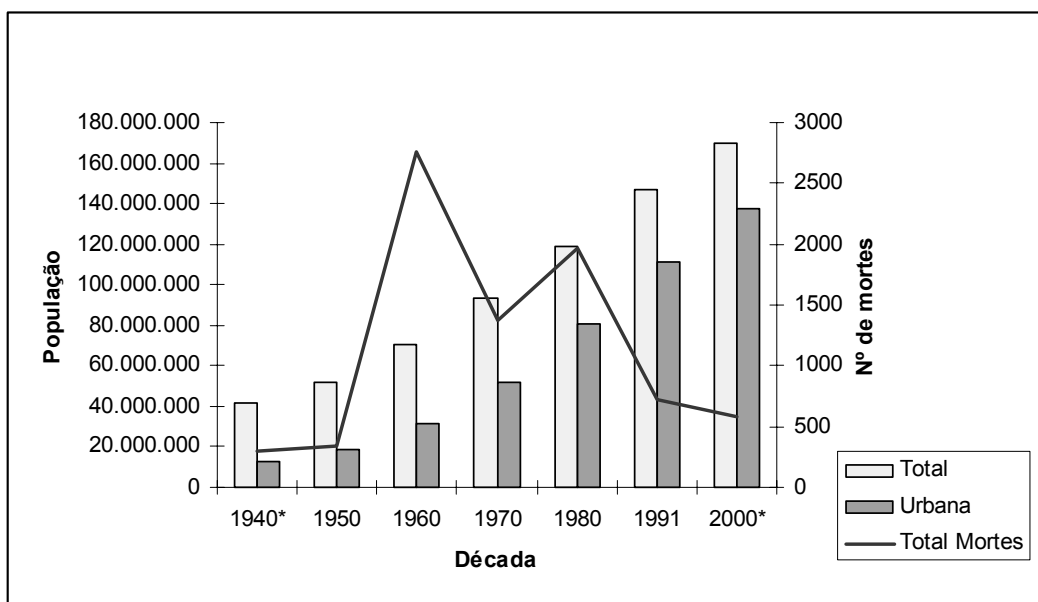



Figura 1: Série temporal entre população e número de mortes devido a desastres naturais no Brasil, segundo dados do IBGE (2004) e EM-DAT (2004). * Início em 1948 e término em 2003.

Embora haja uma pequena diferença entre os termos mitigação e prevenção, o presente trabalho utiliza estes termos como sinônimos, e pretende descrever as etapas do processo de prevenção e os corpos executores dessas etapas. Além disso, dentro deste contexto, enfatizamos a importância da participação da sociedade e da universidade.

2. O CICLO DE GERENCIAMENTO DE DESASTRES NATURAIS E A COMUNIDADE

A prevenção de desastres naturais pode consistir, a princípio, por duas partes: (1) compreender os fatores condicionantes que geram os fenômenos naturais; e (2) aumentar a resistência potencial da sociedade contra esses fenômenos naturais. O corpo executor dessa prevenção deve ser formado pelos órgãos: governamental, não-governamental e individual (Figura 2).

Os fenômenos que causam os desastres naturais ocorrem eventualmente (com ou sem periodicidade). Portanto, as atividades de prevenção de desastres naturais devem preocupar-se com as fases seqüenciais dos eventos. Estas atividades podem ser classificadas em três etapas: pré-evento, evento e pós-evento (Tabela 1). Suas respectivas ações são: prontidão, ação emergencial e recuperação.

Corpo executor de prevenção
- (1) Órgãos governamentais: Governo federal, estaduais e municipais.
- (2) Órgãos não-governamentais: ONGs, empresas, grupos de vizinhos conhecidos.
- (3) Órgãos Individuais: indivíduo.

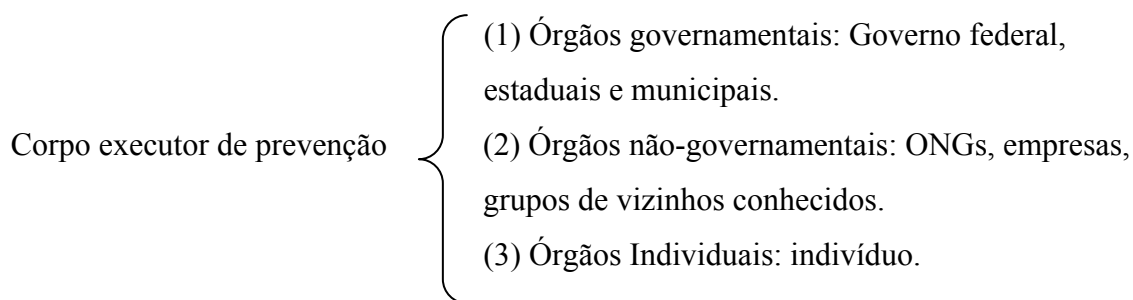



Figura 2: Três tipos de corpo executor de prevenção.

Tabela 1: Etapas na prevenção de desastres naturais

Etapa (Ação)	Descrição
Pré-evento (Prontidão)	Antes de ocorrer desastres, são realizadas atividades para prevenir ou mitigar os futuros possível prejuízos.
Evento (Ação emergencial)	Durante e logo depois de ocorrência de desastres, são realizadas ações emergenciais.
Pós-evento (Recuperação e compensação)	Após de desastres, atua-se na restauração e/ou reconstrução e/ou compensação dos prejuízos.

As etapas de pré-evento, evento e pós-evento possuem caráter temporal conforme a freqüência dos desastres. Ao conjunto destas etapas chamamos de Ciclo de Gerenciamento de Desastres Naturais (GDN).

NETO (2000) apresentou um esquema do GDN com quatro etapas para tratar o sistema de alerta para inundação: preparação, resposta, restabelecimento e mitigação. Embora o autor tenha apresentado diversas atividades para cada etapa, ele se ateve no tocante aos órgãos governamentais. As etapas de mitigação e preparação, colocadas por esse autor, correspondem ao pré-evento do presente trabalho.

Na prática, devem existir diferentes atividades para cada etapa e para cada órgão anteriormente mencionado. Estas atividades encontram-se na Tabela 2.

Um fato comumente observado é o da comunidade procurar ajuda dos órgãos governamentais somente após a ocorrência de um desastre natural. Sabemos que existe um intervalo de tempo entre a notificação recebida pelos órgãos governamentais e a sua ação. Também, muitas vezes esses órgãos nem conseguem chegar até o local atingido. Devido a este fato, a população deve estar ciente de que “quem cuida de tua vida é você!” Esta frase é essencial na prevenção de desastres naturais. Infelizmente, o poder do individuo é

pequeno e limitado. Portanto, é necessário uni-los. A união desses indivíduos torna-se ideal quando realizada por meio de ações voluntárias e organizadas.

No dia 17 de janeiro de 1995, de madrugada, ocorreu um terrível terremoto no município de Kobe no Japão, causando aproximadamente 6.000 mortes (YAMORI & KOBAYASHI, 2002). A investigação sobre os prejuízos sócio-econômicos neste desastre mostrou que na comunidade onde era observada a união entre vizinhos e na comunidade que tinha grupo voluntário de apoio, o número de mortos foi inferior ao das comunidades que não possuíam estes tipos de união e/ou grupo. Notamos que as comunidades sem vínculo existem comumente nos centros urbanos enquanto as outras existem no interior, ou seja, nas áreas rurais.

No dia 17 de junho de 2004, ocorreu uma falha na barragem de concreto do município de Alagoa Grande no Estado de Paraíba. Com esta falha, 60% de sua capacidade máxima de armazenamento (17 milhões de metros cúbicos) de água junto com sedimentos escoou para jusante destruindo vários municípios (FOLHA ONLINE, 2004). Na reportagem, observamos diversas reclamações nas quais não houve ajuda de órgãos públicos, por exemplo, Defesa Civil. A população atingida precisou ajudar-se. Quando ocorre um desastre natural em grande escala, realmente é muito difícil para esses órgãos chegarem até o local do desastre.

A lição que nós podemos aprender com os desastres acima é a necessidade da existência de grupos de autodefesa contra desastres naturais (GADN). Ideal é que os GADNs possuem caráter voluntário, sendo compostos por vizinhos conhecidos. Não há manual descrevendo como criar este tipo de grupo, pois cada comunidade e/ou cada vila possuem diferentes características sociais, culturais, econômicas e ambientais.

Os GADNs, organizados e capacitados por entidades não-governamentais e governamentais, podem atuar juntamente com as associações de moradores, associações de pais e professores, associações religiosas, entre outras.

Tabela 2: Atividades de três tipos de órgão em três etapas no processo de prevenção de desastres naturais.

Etapa	Órgão		
	Governamental	Não Governamental	Individual
Pré-evento (Prontidão)	• Reconhecimento de perigos e de riscos com base científica. • Reconhecimento de potencialidade da sociedade para prevenção de desastres naturais (PDN). • Divulgação dos resultados de simulação dos danos. • Planejamento para medidas emergenciais. • Zoneamento de áreas de perigos e riscos. • Desenvolvimento de tecnologia com baixo custo para viabilizar obras de infra-estrutura. • Educação para PDN e construção de cultura de PDN. • Elaboração dos processos de desastres e treinamento para PDN. • Promoção da integração dos diferentes setores (secretarias). • Criação dos cargos de funcionários exclusivos para PDN. • Elaboração de sistema de seguro de vida. • Construção de sistema de previsão e de alerta. • Construção de centros de pesquisas e de capacitação. • Estabelecimento de legislação para PDN.	• Divulgação dos resultados de simulação dos danos. • Promoção do reconhecimento de vulnerabilidade. • Participação no planejamento. • Participação no mapeamento de área de risco. • Organização de grupos de autodefesa contra desastres naturais (GADN) e fortalecimento do mesmo. • Participação na elaboração dos processos de prevenção aos desastres. • Capacitação do grupo de vizinhos conhecidos. • Fiscalização das funções dos órgãos governamentais. • Manutenção das informações. • Melhoria da qualidade da vida. • Formação de líderes.	• Reconhecimento dos resultados de simulação dos danos, áreas de perigos e riscos, e vulnerabilidade da região. • Participação no GADN. • Participação no treinamento de PDN. • Recebimento de informações • Participação em atividades voluntárias.

Tabela 2: (Continuação)

Etapa	Órgão		
	Governamental	Não Governamental	Individual
Evento (Ação emergencial)	• Levantamento rápido dos danos locais. • Fortalecimento dos sistemas para coleta, processamento e divulgação de dados. • Estabelecimento de rede de informação. • Uso comum dos espaços. • Distribuição justa dos apoios.	• Divulgação de alerta. • Atividade do GADN. • Fornecimento de informações para especialistas de assuntos de PDN. • Distribuição de alimentos, remédios e roupas. • Reconhecimento de necessidades das comunidades carentes.	• Espera em casa ou em abrigo. • Ajuda aos vizinhos. • Atividades voluntárias no GADN. • Obtenção e análise dos dados. • Decisão de atividades.
Pós-evento (Reconstrução e restauração)	• Reconhecimento das situações anteriores e atuais dos vitimas. • Estabelecimento do orçamento. • Estabelecimento do Plano Diretor do local destruído. • Execução flexível dos projetos. • Elaboração de relatório minucioso sobre o evento.	• Tratamento psicológico dos vitimas traumatizados. • Participação no planejamento de reconstrução. • Atividade de GADN. • Participação na construção da comunidade destruída. Elaboração de relatório minucioso sobre o evento.	• Restauração e reconstrução de residências destruídas. • Independência econômica. • Participação no GADN. • Geração de empregos. • Tratamento pscicológico.

3. PAPEL DA UNIVERSIDADE

O processo de interação entre a sociedade comum (comunidade) e a sociedade acadêmica (universidade) deve acontecer de forma que contribua para as transformações da realidade local e disponibilize informações que auxiliem na melhoria da qualidade de vida da população. Este processo deve ser de troca e comprometimento com a informação. Uma comunidade bem informada terá a possibilidade de agir preventivamente e minimizar a fase pós-evento onde as perdas e os conseqüentes custos tornam-se superiores aos custos pré-evento.

Entre as formas de ação da universidade na mitigação de desastres naturais podemos citar pesquisas de monitoramento e modelagem que servirão de base ao zoneamento de áreas de perigo e/ou risco e ao sistema de alerta.

3.1. Pesquisa básica: monitoramento e modelagem

A observação ou medição contínua de processos chama-se monitoramento. A diferença entre o monitoramento e o diagnóstico é que o primeiro possui a atividade contínua e o segundo normalmente não. Na natureza, os experimentos são realizados em tempo real e em escala real, e o monitoramento neste caso busca obter e interpretar dados. Nos processos encontrados nos ecossistemas, podem existir sérias dificuldades para criar um modelo. Neste caso, primeiro podemos fazer o monitoramento, onde os resultados obtidos possibilitarão ou auxiliarão na modelagem.

Os fenômenos naturais possuem grande complexidade, dificultando sua compreensão através de estudos, devido à impossibilidade de medirmos e percorrermos todas as suas partes e/ou etapas. Uma abordagem básica destes fenômenos, por meio da utilização de leis empíricas e de hipóteses, torna-se necessária para compreendê-los fisicamente e de forma genérica. Portanto, para estudar os fenômenos, precisamos ter modelos.

A modelagem é o processo de gerar e/ou aplicar modelos. O modelo é uma representação simplificada de um sistema (ou objeto) tanto estático quanto dinâmico. Existem três tipos: (1) modelo físico, (2) modelo matemático e (3) modelo analógico. O primeiro utiliza formas físicas, sendo imitativos de um segmento do mundo real (CHRISTOFOLETTI, 2002). O segundo utiliza linguagens matemáticas para representar a natureza dos sistemas e o terceiro valem-se da analogia das equações que regem diferentes fenômenos para modelar o sistema mais conveniente (TUCCI, 1998). Qualquer modelo

corresponde a uma aproximação da realidade. Para ter um bom modelo fazem-se necessárias observações do sistema, ou seja, monitoramento.

O modelo computacional, que é hoje o mais comum dos modelos matemáticos, possui várias vantagens: facilidade de execução, baixo custo, rápida obtenção dos resultados, permitindo a simulação de experimentos inviáveis na prática. Isso facilita a previsão dos fenômenos e processos naturais, possibilitando a elaboração do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). O uso deste tipo de modelo está sendo incrementado pelo desenvolvimento da técnica computacional, permitindo sofisticações.

A simulação é a execução do modelo. Na execução, a calibração do modelo é indispensável. Pela natureza da simulação, quanto mais sofisticado o modelo, mais calibrações são necessárias. A calibração do modelo é sempre feita através de comparação dos dados obtidos pelo monitoramento com os dados simulados no modelo.

Então fica claro que o sucesso da modelagem e da simulação depende da qualidade do monitoramento e que não há um bom modelo sem o uso de dados obtidos do fenômeno monitorado. Assim, a modelagem e o monitoramento não se confrontam, passando a serem métodos científicos mutuamente complementares, efetuados sempre paralelamente (KOBIYAMA & MANFROI, 1999).

3.2. Utilização dos resultados do monitoramento e da modelagem

Existem duas formas para utilização dos resultados do monitoramento e da modelagem: medidas estruturais e não-estruturais. As medidas estruturais envolvem obras civis como, por exemplo, obras de contenção de cheias, tais como, barragens, diques, alargamento e desassoreamento dos canais, desentupimento de bueiros etc. De qualquer maneira seus custos são bastante elevados.

No caso das medidas não-estruturais, dois aspectos devem ser considerados: (1) As comunidades (municípios, empresas etc.) planejam implantar estruturas necessárias às atividades humanas tais como residências, prédios e estradas. Neste caso, é necessário realizar o zoneamento ambiental levando em consideração os perigos. São gerados mapas de áreas de perigos naturais, sendo que nas áreas de altos perigos são permitidas apenas construções para fins comunitários (parques, praças etc.). A modelagem é uma ferramenta que pode ser utilizada no tratamento quantitativo (simulação e previsão) dos fenômenos, por exemplo SANTOS & KOBIYAMA (2002). (2) Existem atividades humanas onde os desastres ocorrem freqüentemente (centros urbanos onde ocorrem inundações, edificações construídas em encostas íngremes). Para minimizar os prejuízos da comunidade que

convive com desastres, é necessário estabelecer um sistema de alerta para a defesa civil. Para tanto, os principais fatores causadores dos desastres devem ser monitorados continuamente, e paralelamente a isso o modelo numérico simula fenômenos em tempo real. No momento em que o sistema captura a condição crítica, inicia-se o processo de alerta e a retirada da população do local de risco.

3.3. Sistema de alerta

Usando dados disponíveis do *Emergency Disasters Data Base* (EM-DAT 2004), podemos observar que no Brasil os desastres naturais que provocam maiores perdas humanas são as enchentes (Tabela 3).

Tabela 3: Desastres naturais no Brasil de 1948 a 2004.

Desastre natural	Nº de eventos	Nº de mortes	Nº de feridos
Secas	15	20	0
Terremoto	1	1	0
Epidemia	10	2029	0
Temp. extremas	6	323	600
Enchentes	82	5764	11476
Infestações por insetos	1	0	0
Deslizamentos	21	1615	214
Incêndio	3	0	0
Vendaval	14	336	1562

A Figura 3 mostra um esquema de implantação de sistema de alerta em uma bacia hidrográfica. Na Figura 4, encontra-se um fluxograma desse, para mostrar o papel do monitoramento e modelagem no sistema de alerta.

No sistema de alerta, podemos encontrar seus principais componentes como: (1) previsão dos desastres (quando e onde ocorrerá); (2) transmissão das informações sobre a previsão a órgãos públicos e privados; (3) orientação para moradores que possivelmente serão prejudicados. Esse sistema é um instrumento muito importante quando tratamos especialmente de sistemas urbanos já implantados, uma vez que permite que a comunidade seja informada da ocorrência de eventos extremos e minimize os danos materiais e humanos. As universidades podem criar um modelo mais adequado para simular o fenômeno que é tratado no sistema de alerta e também melhorar as técnicas de monitoramento empregadas.

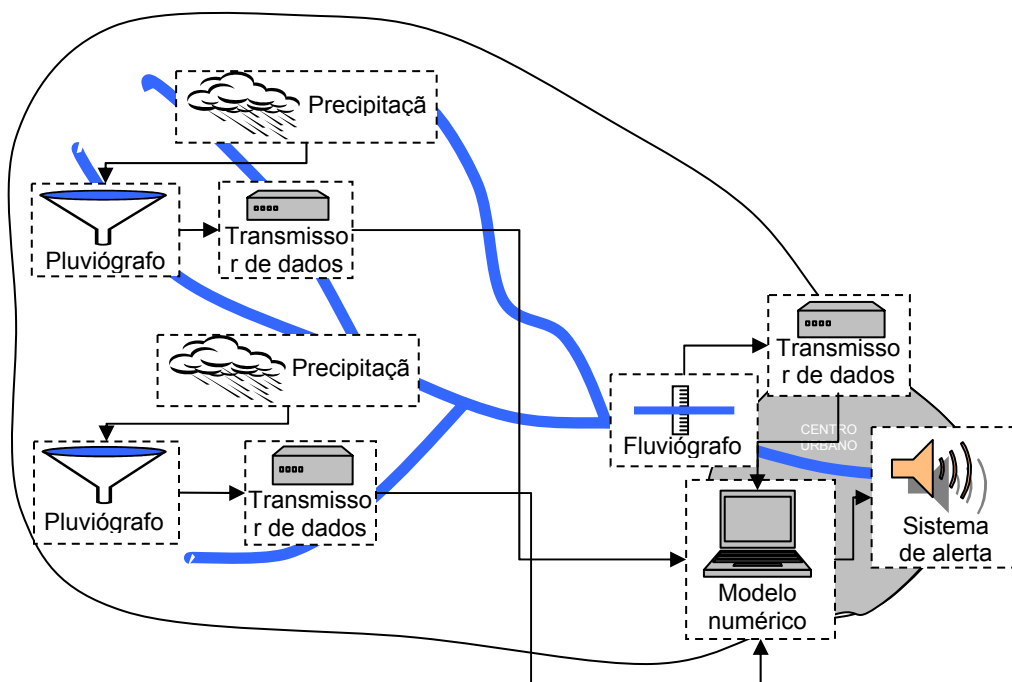



Figura 3: Esquema de implantação de sistema de alerta para enchente em bacia hidrográfica

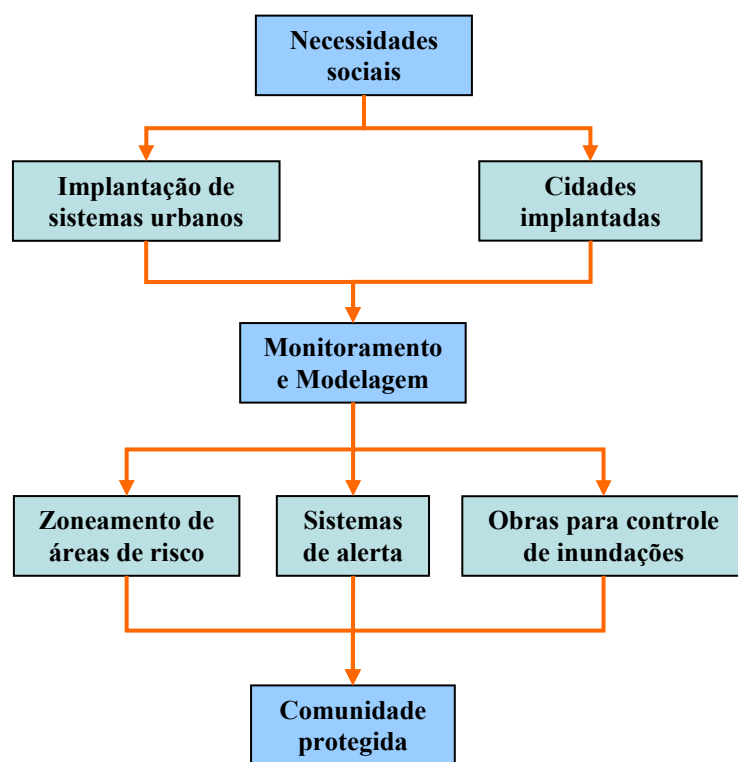



Figura 4: Fluxograma do papel do monitoramento e da modelagem no sistema de alerta.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os desastres naturais são freqüentes em nossas sociedades. Então, podemos dizer que nós estamos convivendo com desastres naturais e precisamos procurar a melhor maneira de conviver com eles. O que precisamos fazer para obter essa convivência? A resposta é clara. Devemos conhecer ambos os lados, ou seja, desastres naturais (natureza) e comunidade (ser humano). Conhecer é a melhor maneira de proteção. No presente trabalho tentamos expor algumas formas de ação no caso da ocorrência de desastres naturais.

Um dos grandes desafios a ser superado é a compreensão de cada forma de desastre natural. Os cientistas estão pesquisando e se aprofundando em técnicas de monitoramento e modelagem para prevenção de desastres naturais. Concluímos que entender diagnósticos dos desastres naturais e seus mecanismos através de monitoramento e modelagem é fundamental. Com isso será possível prever onde, quando e como os desastres naturais ocorrem e estabelecer medidas científicas para prevenção.

Uma vez que os mecanismos que geram os desastres naturais forem compreendidos, as medidas científicas serão utilizadas para ajustar as etapas de pré-evento, evento e pós-evento a fim de se reduzir o número de perdas materiais e humanas. Nesta etapa os desastres naturais devem ser estudados de forma sistêmica, enfatizando as relações entre o meio e a sociedade.

É de fundamental importância o intercâmbio de informações entre as entidades que compõe o ciclo gerenciador de desastres naturais. O grande desafio da sociedade atual é o gerenciamento da informação. Uma sociedade bem informada resultará numa sociedade protegida.

5. AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Grupo de Estudo de Desastres Naturais – GEDN, especialmente à sua coordenadora Profa. Dra. Maria Lúcia Herrmann, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) por criar uma oportunidade de pensar no presente tema, e ao Grupo de Estudo de Água – NEA, especialmente a seu coordenador Prof. Dr. César Augusto Pompêo da UFSC, por fornecer a oportunidade de praticá-lo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BBC BRASIL. **Brasil é o país das Américas mais afetado por desastres.** Disponível em: http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/story/2003/07/030717_cruzvermla.shtml Acesso em: 23 de jun. de 2003.

CHECCHIA, T.; KOBIYAMA, M.; SILVA, R.V.; ALVES, A. Análise preliminar da evolução dos deslizamentos no valo do rio Caeté, Alfredo Wagner, SC. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia (5: 2004: Santa Maria) Santa Maria: UFSM, **Anais**, 2004. (no prelo).

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** Ed. Edgard Blücher. 2. Ed. 2002.

EM-DAT **Produce a list of disasters and associated losses.** Disponível em http://em-dat.net/disasters/list.php Acesso em 23 jun. 2004.

FOLHA ONLINE. **Rompimento de barragem deixa cinco mortos na Paraíba.** Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u95952.shtml> Acesso em 23 jun. 2004.

IBGE. **População residente, por situação do domicílio e por sexo.** Disponível em http://www.ibge.gov.br Acesso em: 20 jun. 2004.

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R.V.; ALVES, A.; POMPÊO, C.A. Papel da engenharia ambiental para prevenção de desastres naturais: monitoramento e modelagem. In: Encontro Nacional dos Estudantes de Engenharia Ambiental (1: 2003: Goiânia) **Anais**, Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 2003. v. 1, p. 23-24.

KOBIYAMA, M.; MANFROI, O.J. Importância da modelagem e monitoramento em bacias hidrográfcias. In: CURSO DE EXTENSÃO: O MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS SOB A PERSPECTIVA FLORESTAL (1999: Curitiba), **Apostila**, Curitiba: Curso de Eng. Florestal -UFPR, 1999. p. 111-118.

YAMORI, N.; KOBAYASHI, T. Do japaneses insurers benefit from a catastrophic event? Market reactions to the 1995 Hanshin-Awaji earthquake. **Journal of the Japanese and international economies**, n.16, p.92-108, 2002.

NETO, S.L.R. **Um modelo conceitual de sistema de apoio à decisão espacial para gestão de desastres por inundações.** São Paulo: USP, 2000. 231p. (Tese de doutorado em Engenharia)

SANTOS, I.; KOBIYAMA, M. Modelagem e delimitação de processos erosivos em vertentes. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia (4: 2002: São Luiz) São Luiz: UFMA, **Anais**, 2002. CDrom.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos.** Ed. Universidade / UFRGS / Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 1998.

FORMAÇÃO DE NUDEC´S - TREINAMENTO PARA POPULAÇÃO RESIDENTE EM ÁREAS SUJEITAS A DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA SUBPREFEITURA DE M´BOI MIRIM, MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

JAIME MESQUITA DE SOUZA[1]
GENICE LEITE DOS SANTOS[2]
GISLÂNIA DANTAS DINIZ[3]

[1]Fundação Ceciliano Abeu de Almeida/UFES/CT/Laboratório de Topografia e Cartografia
[2]Subprefeitura de Campo Limpo/PMSP
[3]Subprefeitura de M´Boi Mirim/PMSP
jaimesouza@ltc.ufes.br

SOUZA, J. M.; SANTOS, G. L.; DINIZ, G. D. Formação de NUDEC's – treinamento para população residente em áreas sujeitas a deslizamentos e inundações na área de abrangência da subprefeitura de M'Boi Mirim, Município de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 847-855. (CD-ROM)

RESUMO
O treinamento da população residente em áreas de risco mostra-se como uma arma importante na prevenção contra deslizamentos. Este treinamento repete-se pelo segundo ano consecutivo, com grande sensibilização dos órgãos ligado a saúde. Estes órgãos, representados nos treinamentos pelos agentes comunitários de saúde, foram o público alvo deste segundo ano de treinamento. Por fim serão discutidos alguns aspectos, positivos e negativos, pertinentes ao eixo temático que versa sobre políticas e atuações dos órgãos públicos na questão do risco.
Palavras– chave: treinamento, políticas para prevenção de riscos, ações preventivas.

NUDEC´S FORMATION – TRAINING THE POPULATION THAT LIVES IN RISK AREA IN SUBPREFEITURA DE M´BOI MIRIM, SÃO PAULO CITY

ABSTRACT
The objective this paper is to show a work related to persons that live in risk areas, in the prevention of hazards. The training is very important to the identification of signs of instability. The training was ministered by a multidisciplinary team composed by geologist, social worker and pedagogue.
Key-words: prevention actions, risk area, politics to risk.

1. INTRODUÇÃO

A região de abrangência da Subprefeitura de M´Boi Mirim está localizada na zona sul da cidade de São Paulo. Primeiramente foi criada a Subprefeitura de Campo Limpo, em 2002 esta foi dividida originando a Subprefeitura de M´Boi Mirim. A Subprefeitura conta com cerca de 500 mil habitantes, distribuídos em dois distritos: Jardim Ângela e Jardim São Luis, perfazendo uma área de 50 km² (figura 1). Segundo a Secretaria da Habitação e desenvolvimento Urbano da Prefeitura de São Paulo a Subprefeitura de M´Boi Mirim possui a maior concentração de favelas do município, 13,48%.

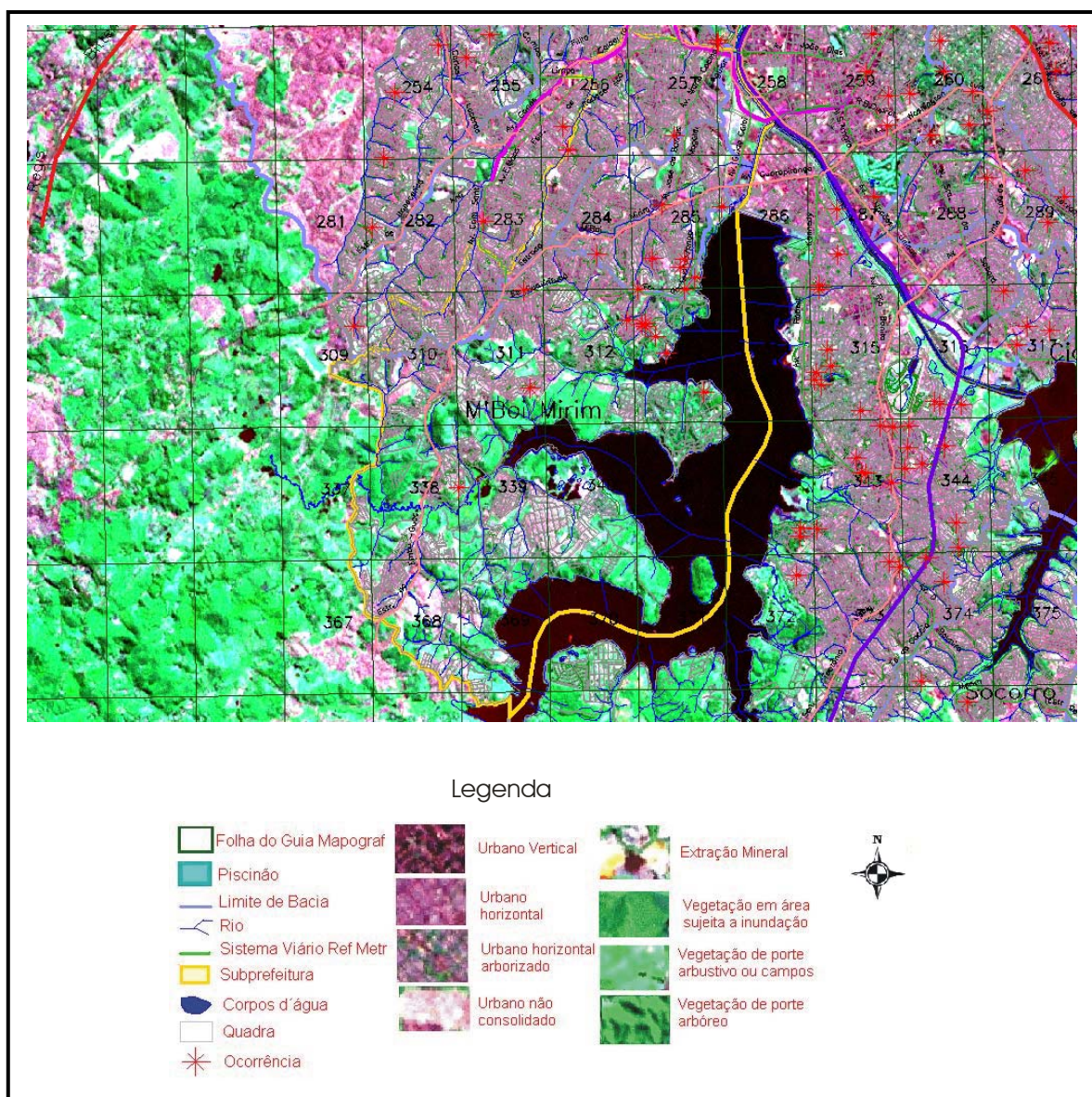



Figura 1 – Localização da Subprefeitura de M´Boi Mirim.

A região que compreende atualmente as Subprefeitura de Campo Limpo e M´Boi Mirim tem sua origem no caminho entre a cidade de São Paulo e as cidades de Itapecerica da Serra e Embú Guaçu. Esta área seria esquecida até a primeira metade do século vinte. Somente com a industrialização, por volta de 1960 é que a cidade se estende até Campo Limpo, vindo de Pinheiros e Santo Amaro. A construção da marginal Pinheiros e da via férrea São Paulo/Santos é que dão um impulso para sua explosão como núcleos habitacionais.

Até a segunda metade do século passado, esta região era formada basicamente por sítios e chácaras que formavam a Vila de Santo Amaro. Com o avanço do processo de

urbanização, muitos sítios e chácaras se transformaram em loteamentos que, pela distância do centro de São Paulo, se tornaram uma opção para os migrantes (principalmente nordestinos e mineiros) e imigrantes (destacando-se os alemães) que buscavam lotes baratos para construírem suas casas e povoarem os primeiros núcleos que, devido à origem, denominavam-se "vilas", "parques" e "chácaras".

No início do século, com a construção da Represa de Guarapiranga (1907), a eletrificação da linha de bonde São Paulo – Santo Amaro (1913), a construção das vias: auto-estrada Washington Luís (1928) e auto-estrada de Santo Amaro (1950), temos um período de dinamização da região; mas também o momento em que a Vila de Santo Amaro é anexada à capital pelo interventor de São Paulo, Armando Sales.

O distrito Jardim São Luís é o mais populoso e mais densamente povoado, localiza-se na área leste e tem atravessando-o diversas estradas, como a de Guarapiranga do Riviera e do M'Boi Mirim, que liga São Paulo a Embú-Guaçú. Embora apenas uma pequena parcela de seu território esteja dentro da área de proteção aos mananciais, margeia grande parte da face oeste da Represa de Guarapiranga.

O Jardim Ângela tem a maior área territorial da região. Este distrito localiza-se no setor sul e tem sua maior porção territorial dentro da área de mananciais, mas com grande número de loteamentos clandestinos e áreas vazias, não devido à especulação imobiliária, mas por serem charcos formados principalmente pelo córrego Embú-Mirim.

O histórico da área aponta para uma ocupação sem critérios, principalmente por se tratar de uma área bastante acidentada. Os métodos empregados para a construção das habitações não apresentam adequação técnica de maneira a garantir a segurança de tais moradias. Somando-se a este fator a infra-estrutura relativa a condução das águas pluviais e servidas serve para montar um quadro de risco relativo a desencadeamento de deslizamentos. A região situada ao sul, no Jardim Ângela, ainda apresenta algumas áreas passivas de ocupação. Na sua grande maioria eram grandes áreas tomadas por matas. De maneira a ilustrar áreas que foram desmatadas por ocasião da ocupação desordenada cita-se a ocupação denominada Chácara Bananal e Jardim Solange (fotos 1 e 2).

Foto 1 – Visão geral da Chácara Bananal. Fonte: IPT.

Foto 2 – Visão Geral do Jardim Solange. Fonte: IPT.

A área de abrangência da Subprefeitura de M´Boi Mirim apresenta rochas de idade pré-cambriana e cenozóica. Migmatitos, gnaisses graníticos, micaxistos e/ou meta-arenito de médio grau metamórfico representam o pré-cambriano da região. O cenozóico mostra-se representado por lamitos, areias e conglomerados terciários da Bacia de São Paulo. O quaternário apresenta-se representado por aluviões fluviais constituídos por argila, areia e cascalho.

As técnicas usadas para a construção, em desnível, são as comumente utilizadas em loteamentos precários e/ou clandestinos. Escava-se o talude, forma-se uma área plana e joga-se o resultado da escavação a jusante, de maneira a aumentar a área plana. Tais

técnicas mostram-se desfavoráveis quanto à estabilidade das encostas quando se aborda a geologia. Na própria Chácara Bananal observa-se plano que podem ocorrer uma ruptura, aproveitando-se das características do solo derivados de rochas gnáissicas, o seu bandamento característico.

Tal ocupação apresenta-se sem infra-estrutura básica (água, luz e esgoto) e adensamento acelerado, associada ao inchamento de áreas mais centrais. A Chácara Bananal, segundo informações dos moradores, tem 10 anos de ocupação.

2. METODOLOGIA

Com base na experiência de profissionais que atuam no atendimento a população vítima de deslizamentos e enchentes estabeleceram-se trabalhos relativos ao esclarecimento dos moradores de tais áreas em procedimentos de emergência, principalmente no período de altos índices pluviométricos. Os trabalhos relativos ao treinamento foram iniciados na temporada de chuvas nos anos de 2002/2003. O primeiro treinamento realizado contou com a população das duas Subprefeituras, Campo Limpo e M´Boi Mirim (Souza *et al*, 2003). Neste período ainda não existia o estabelecimento da divisão do trabalho de treinamento de NUDEC´s (Núcleos de Defesa Civil). A idealização deste treinamento vem do principio de estruturar a população para trabalhar junto na comunidade que reside junto às áreas de risco de deslizamento, prioritariamente, mas com instruções voltadas para os moradores residentes em áreas sujeitas a alagamentos. Esta ação está incluída no plano preventivo da prefeitura de São Paulo, de novembro a março, intitulado de SP – Protege. O intervalo de vigência do SP – Protege é o que apresenta os maiores índices pluviométricos (figura 2).

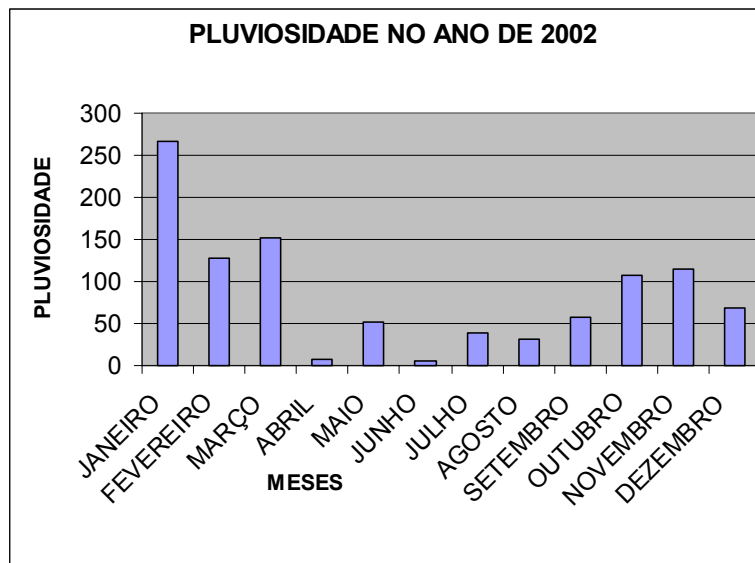



Gráfico 1 – Distribuição da pluviosidade no ano de 2002. Observar os períodos de pico e os de estiagem.

O grupo iniciou um trabalho educativo com as comunidades das áreas de risco, a fim de impedir as catástrofes e estabelecer parceria para realizar o monitoramento dessas áreas. A primeira proposta foi incluir os agentes comunitários de saúde que desenvolvem trabalho junto às comunidades excluídas com visitas diárias. Ressaltamos que esses agentes fazem parte do Programa de Saúde da Família (PSF) e são moradores da região O público alvo foi à primeira etapa do planejamento, pois para atingir o objetivo alvo "que é a comunidade" se fazem necessárias pessoas que se identifiquem com a comunidade. O treinamento foi realizado aos sábados sendo facultativa a sua presença. A carga horária diária foi de 2 h, distribuídos por 5 sábados.

Os agentes são recrutados junto à área de abrangência das Unidades Básicas de Saúde (UBS) e seu trabalho tem por objetivo o atendimento e acompanhamento das famílias. Em média cada agente atende a 200 famílias. Cabe ressaltar que o treinamento não era exclusivo para agente de saúde, também aberto para os que tivessem interesse.

Estabelecido o público alvo procedeu-se entre o grupo a discussão do conteúdo a ser abordado. O grupo composto por Geólogo, Assistente Social e Pedagoga estabeleceu para o treinamento da temporada de maiores registros pluviométricos dos anos de 2003/2004 cinco módulos de treinamento (figura 3).

Figura 3 – Módulos do treinamento referente ao conteúdo geológico.

Os assuntos abordados abrangeram identificação de feições de instabilidade, atendimento realizado pelos órgãos da Prefeitura e aspectos do plano da Prefeitura de São Paulo, relativo ao SP – Protege, abordados pelo Geólogo, Assistente Social e Pedagoga, respectivamente.

Procurou-se ilustrar bastante os assuntos, pois o publico alvo não possuía conhecimentos, sobretudo geológico para entendimento de termos técnicos. Esta foi uma questão bastante enfatizada pelo grupo. As fotos mostrando áreas de risco e aos assuntos abordados na apresentação eram das áreas onde os agentes e demais interessados residem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O curso teve como objetivo estabelecer parâmetros para os moradores de áreas de risco para ações preventivas contra deslizamentos. Tais ações enfatizaram as causas antrópicas no desencadeamento e movimentos de massa e inundações. As mudanças acarretadas nestas áreas foi um ponto destacado neste treinamento.

No caso dos agentes de saúde estes além de alunos, tornar-se-ão vetores de disseminação de informação, para as famílias atendidas por eles. A escolha dos agentes como principal público alvo mostrou bons resultados quanto à disseminação da informação. Informações importantes quanto a famílias residentes em áreas de risco que apresentavam

em suas residências ou entorno feições de instabilidade foram trazidas ao conhecimento da Subprefeitura.

O treinamento trouxe benefícios importantes quanto à entrada de ocorrências, na Subprefeitura ou diretamente na Defesa Civil. O atendimento por vezes era prejudicado por falta de informação, como endereço incompleto ou falta de referência. Outro benefício foi à descrição das emergências. Este fato comprovou parte do aprendizado.

Nos cinco módulos do treinamento houve uma média de público superior a 60 pessoas. A população da área de abrangência da Subprefeitura de M´Boi Mirim mostrou-se satisfeita com o resultado e a proposta do treinamento. O público nos módulos de treinamento ratificam a satisfação.

O envolvimento e sensibilização da chefia das UBS foi outro ponto positivo do treinamento. Em algumas unidades a chefia estabelecia as agentes que participariam do treinamento, baseado nas informações que a Defesa Civil da Subprefeitura passava sobre os locais de risco.

Alguns pontos devem ser ponderados no âmbito da Defesa Civil, na parte de treinamento como de qualificação dos seus funcionários, sobretudo nas Subprefeituras que apresentam grande número de áreas de risco. A qualificação de funcionários que atuam diretamente no atendimento a emergências deve ser um ponto a ser abordado. Por vezes tais funcionários, sem critérios, gerando uma demanda maior que a própria emergência, através da emissão de interdições.

Um último ponto a ser abordado é a descontinuidade de ações preventivas pelo poder público. Não existem garantias que o trabalho de treinamento ou outras práticas preventivas seja continuado. Este temor também era passado pelos próprios treinados. Este trabalho também vem sugerir a regulamentação e organização dentro das cidades que sofrem com desastres desta espécie na manutenção de equipes qualificadas e treinamento periódico da população diretamente envolvida nos riscos decorrentes dos períodos de alta pluviosidade, sabidos por todos.

4. CONCLUSÃO

O aspecto preventivo deve ser tratado como prioridade nas ações de Defesa Civil. A própria Defesa Civil deve ser estruturada não como um órgão de gestão de acidentes e sim na prevenção. Para metrópoles, como São Paulo, a Defesa Civil assume um papel muito importante no gerenciamento e prevenção de movimentos de massa, nos períodos de maior pluviosidade. O SP – Protege foi uma boa iniciativa, porém ainda é necessário

uniformizar as ações em todas as Subprefeituras que possuem propensão a movimentos de massa.

O envolvimento de outros órgãos é de suma importância no sucesso do treinamento. Deve-se sempre ser lembrado que a exclusão social leva a criação de novas áreas de risco. Os fatores antrópicos geradores de movimentos de massa, nas grandes cidades, são uma questão mais social que técnica. Tornam-se válidos, por exemplo, campanhas de lixo para que estes não sejam jogados na encostas.

Por fim os agentes de saúde foram um elo muito importante para atingir a comunidade. O trabalho realizado pelos agentes foi um dos responsáveis pelo atendimento e detecção de situações de risco, pela Subprefeitura de M´Boi Mirim.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SOUZA, J. M.; SANTOS, G. L.; DINIZ, G. D. NUDEC´s – Experiência de treinamento de população de área de risco nas regiões de Campo Limpo e M´Boi Mirim. *In*: Simpósio de Geologia do Sudeste, 2003. **Anais…**São Pedro. P. 214.

FAVELAS EM ÁREAS DE RISCO NO MUNICÍPIO DE CAMPOS DO JORDÃO-SP: A DICOTOMIA ENTRE AS POLÍTICAS PÚBLICAS E A REALIDADE

ARTUR ROSA FILHO[1]
ANA TEREZA CÁCERES CORTEZ[2]

[1]UNESP - Rio Claro
[2]IGCE - UNESP - Rio Claro

ROSA FILHO, A. S.; CORTEZ, A. T. C. Favelas em áreas de risco no município de Campos do Jordão – SP: a dicotomia entre as políticas públicas e a realidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 856-865. (CD-ROM)

RESUMO
Este trabalho tem como objetivo analisar a dicotomia entre as políticas públicas e a realidade do poder executivo municipal no tocante às favelas situadas em áreas de risco no município de Campos do Jordão-SP numa visão sistêmica em Geografia. O Município de Campos do Jordão, com uma área de 269km², está situado a Leste do Estado de São Paulo, ocupando parte do reverso da Serra da Mantiqueira. Suas altitudes, que variam entre 1600 e 2000m, as características climáticas, a flora, suas configurações geomorfológicas e paisagísticas definem o conjunto significativo e que marcou a origem e o destino da cidade. Surgidas na paisagem urbana no final do século XIX, as favelas começaram a marcar espaço e a trajetória das cidades somente nos anos 30. Este estudo se justifica, pois as favelas em seu processo de organização espacial ao se localizarem em encostas devastam florestas; em mangues, os transformam em pântanos; nas várzeas dos rios, alteram o seu equilíbrio, poluem as águas e, principalmente, conduz à degradação das condições de existência de grandes segmentos populacionais, inclusive a da própria população favelada. Elegeu-se a questão da moradia em favelas em áreas de risco, pois entende ser este um dos elementos relevantes para examinar as condições de sobrevivência e reprodução da população brasileira. Devido às precárias condições econômicas e o baixo padrão de remuneração, os moradores se vêem obrigados a permanecerem nesses locais, num processo reiterado pelo poder público municipal.
Palavras-chave: favela, políticas públicas habitacionais, segregação sócio-espacial, área de risco.

ABSTRACT
This paper has as objective analyze the dichotomy between the public politics and the reality of the municipal executive power in the concerning the slum situated in area of risk in the municipio of the Campos do Jordão-SP. The city of Campos do Jordão is situated the east of the State of Sao Paulo. Its altitudes that vary between 166 and 2000m, the climate, the plant life , its configurations explain the significant set and it markes the origin and the destination of the city. Appeared in the urban landscape in the end of century XIX, the slum quarters had started to only mark space and trajectory of the cities in years 30. This study if it justifies, therefore the slum quarters in its process of space organization to if locating in hillsides destroys forest; into fens they transform them into quagmires; in fertile valleys of the rivers, they modify its balance, they **pollute waters** and mainly it leads to the degrading of the conditions of existence of great population segments, also of the proper poor population. It was chosen question of the housing in slum quarters in areas of ambient protection and areas of risk, therefore it understands to be this one of the excellent elements to examine the conditions of survival and reproduction of the Brazilian population. Had the precarious economic conditions and the low standard of remuneration, the inhabitants if see debtors to remain in these places in a process reiterated for the municipal public power.
Key-words: slum, public politics, social segregation, area of risk.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Campos do Jordão: Localização e Caracterização Geomorfológica

O município de Campos do Jordão está situado à leste do Estado de São Paulo. Limita-se com os municípios de São Bento do Sapucaí, Santo Antonio do Pinhal,

Guaratinguetá e Pindamonhangaba em São Paulo e com os municípios de Piranguçu, Wenceslau Brás e Delfim Moreira em Minas Gerais.

A área em que se situa o município de Campos do Jordão faz parte do planalto que se desenvolve no reverso da Serra da Mantiqueira, após a escarpa que se eleva do Vale do Paraíba, numa configuração semelhante à da Serra do Mar.

A porção do planalto ocupada pelo município está contida na sub-zona denominada Planalto de Campos do Jordão, dentro do Planalto do Alto Rio Grande, que é parte da província Geomorfológica do Planalto Atlântico.

O município ocupa, genericamente, a porção de planalto delimitada ao Norte pelos espigões de 1700 a 1800m de altitude, e que descem do Pico do Imbirí; a Oeste, pelos rebordos da escarpa da Serra da Mantiqueira de 1650 a 1700m de altitude; ao Sul, pelos espigões que descem do reverso da Serra da Mantiqueira em direção ao Vale do Rio Capivari e a Leste pelos degraus elevados do Itapeva, cerca de 1700 m de altitude.

As rochas se apresentam alteradas ou decompostas, até mesmo a dezenas de metros de profundidade, devido ao intenso processo de intemperismo químico atuante. Os solos de alteração são geralmente espessos, característica reforçada pelo relevo local e, constituem-se, em uma cobertura porosa e permeável, tendo seu peso muito aumentado por ocasião das fortes e contínuas chuvas que ocorrem nos meses de verão.

A porosidade e a permeabilidade desta cobertura se devem principalmente ao tamanho dos grãos. A configuração descrita é predisponente a ocorrência do contínuo processo de rastejo nas encostas, ou seja, o lento movimento descendente do solo de alteração sobre a rocha sã.

A predisposição ao rastejo resulta na ocorrência de movimentos e deslizamentos independentemente de alterações nas superfícies causadas pela ação antrópica. As intervenções realizadas sem os devidos cuidados técnicos podem acelerar o processo citado afetando sensivelmente o meio ambiente.

Segundo Troppmair (2004), os solos de Campos do Jordão e os litosolos substrato granito-gnais são raros (0,5 a 1,5m), lixiviados, ácidos (Ph de 3,5 a 4,5) e encharcados ocorrendo continuamente deslizamentos e movimentos coletivos de solos. O excedente de 800 mm/ano de água do solo facilita sobremaneira estes fenômenos que interrompem o tráfego nas rodovias.

Devido ao forte declive a ocupação antrópica na serra é restrita. A capacidade de uso do solo é enquadrada nas classes VII e VIII, ou seja, preservação da vida silvestre. Em locais onde ocorrer desmatamento, ato, aliás, bastante comum, a erosão laminar, mas especialmente a linear, varia de severa a muito severa.

1.2 Características Climáticas, Drenagens e Bacias de Campos do Jordão

O clima do município de Campos do Jordão corresponde, segundo Koppen ao Cwb (Clima Tropical de Altitude), que ocorre na sub-zona do Planalto de Campos do Jordão, na zona do Planalto do Alto Rio Grande, segundo a divisão geomorfológica do Estado de São Paulo realizada pelo IPT em 1981.

Nessa sub-zona, segundo os dados da Estação Meteorológica de Campos do Jordão, a temperatura média anual é de 13,6°C, sendo que a média do mês mais quente, janeiro, é de 16,9°C. No inverno, as médias mínimas diárias são inferiores a 4°C, descendo a 1,8°C em julho, favorecendo a ocorrência de geadas.

Os meses mais chuvosos são os do verão, quando o índice pluviométrico atinge 850mm, sendo a média anual de 1700mm, embora os meses de inverno sejam em geral secos.

O fator altitude é preponderante para a existência dos verões brandos do Alto da Serra da Mantiqueira, embora as oscilações da Frente Polar Atlântica, cujas trajetórias nesta estação, se fazem de preferência sobre o mar, também contribuam para tal.

O relevo do município, com mares de morros, vales encaixados, altas precipitações pluviais e o lençol freático próximo à superfície, propiciam o surgimento de uma rede de drenagem formada por rios e córregos que assumem uma configuração dendrítica, ou seja, com a forma de árvore.

O principal dreno da cidade é formado pelas bacias do rio Capivari e do Ribeirão das Perdizes; o Rio Capivari, que se forma a partir da confluência do córrego Piracuama e do córrego Santa Clara atravessa longitudinalmente a zona urbana do município e recebe a drenagem e efluentes domésticos das áreas de maior densidade demográfica. Ao receber as águas do ribeirão das Perdizes, que drena áreas de menor densidade, passa a chamar-se Sapucaí-Guaçu até sair do município, seguindo com o nome de rio Sapucaí até desaguar no Rio Grande.

A cobertura vegetal da região tem sido elemento equilibrador da quantidade de água e do potencial hídrico, fazendo com que o regime de precipitações pluviais elevadas, embora irregularmente distribuídas ao longo do ano, resulte em que as contribuições específicas mínimas dos rios e córregos se mantenham constantemente altas.

Uma característica da região, igualmente decorrente do relevo e características do solo, é a existência de inúmeras fontes e olhos d'água, alguns deles tradicionalmente usufruídos pela população.

1.3 Geossistema: abordagem sistêmica em geografia

Para Filho (2004), Geossistema são formações naturais que obedecem a dinâmica dos fluxos de matéria e energia (sistema abertos) que, conjuntamente aos aspectos antrópicos, formam um modelo global de apreensão da paisagem. Já segundo Troppmair (2004), um Geossistema é um sistema natural, complexo e integrado onde há circulação de energia e matéria e onde ocorre exploração biológica, inclusive aquela praticada pelo homem. Pela ação antrópica poderão ocorrer pequenas alterações no sistema, afetando algumas de suas características, porém estes serão perceptíveis apenas em micro-escala e nunca com tal intensidade que o Geossistema seja totalmente transformado, descaracterizado ou condenado a desaparecer.

Para Troppmair (2004:2), a visão sistêmica foi um importante acontecimento para a Geografia. O direcionamento para a sistematização e a integração do meio ambiente com seus elementos, conexões e processos como um potencial a ser utilizado pelo homem, adquire importância crescente. Por isso, os geógrafos não devem estudar o meio físico como produto final, como objetivo único e isolado em si, mas como o meio integrado e

dinâmico, em que os seres vivos, entre eles, o homem, vivem, se conectam e se desenvolvem suas atividades.

Idéia semelhante expressa Christofoletti (1986,87), quando afirma: "A Geografia Física não deve estudar os componentes da natureza por si mesmos, mas investigar a unidade resultante da integração e as conexões existentes nesse conjunto.

1.4 Risco: diferentes abordagens para este conceito

Para estudar áreas onde vivem pessoas em situações de risco ambiental e onde pode haver uma mudança ou uma transformação no solo em função do uso e da ocupação é necessário fazer uma discussão sobre o conceito de risco que para Rosa (2000), é o grande espírito da nossa época e que pode contribuir negativamente para tornar a sociedade insustentável.

Para Torres & Costa (2000), a idéia de risco implica, por exemplo, a existência de um agente ameaçador e de um agente receptor da ameaça. Nesse sentido, riscos ambientais são muitas vezes espacialmente distribuídos: determinadas áreas próximas a fábricas são mais poluídas de outras mais distantes; enchentes ocorrem normalmente em várzeas e em áreas onde a drenagem é insuficiente.

Rosa (2000), argumenta que risco e meio ambiente são parceiros inseparáveis. O risco é a pedra angular para a teoria de ampla escala social e é a principal ferramenta para analisar os impactos humanos sobre o meio ambiente.

O mapeamento do risco ambiental de acordo com Torres & Costa (2000), pode revelar dimensões importantes da questão em relação às políticas públicas urbanas: riscos sociais e ambientais tendem a ser cumulativo.

Para Hogan (2000), os anos noventa trouxeram uma urgência nova e diferente à questão população-ambiente no país. Solidários com posições do Terceiro Mundo nos anos setenta e oitenta, tanto o governo quanto a academia expressaram sua resistência a uma identificação de taxas de crescimento demográfico ou de degradação ambiental como os principais obstáculos ao desenvolvimento.

Em síntese, para Torres & Costa (2000), uma vez que uma dada modalidade de risco ambiental tenha sido identificada e considerada como objeto de políticas públicas, pode-se afirmar que um aspecto essencial da estratégia de combate a seus efeitos tem a ver com a identificação de onde estão, quantos são, quem são e como vivem os indivíduos e grupos sociais sujeitos aos maiores graus dessa modalidade de risco.

Segundo o Estatuto da Cidade (2001), em geral, a população de baixa renda só tem a possibilidade de ocupar terras periféricas - muito mais baratas porque em geral não tem qualquer infra-estrutura - e construir aos poucos suas casas. Ou ocupar áreas ambientalmente frágeis, que teoricamente só poderiam ser urbanizadas sob condições muito mais rigorosas e adotando soluções geralmente dispendiosas, exatamente o inverso do que acaba acontecendo.

Tal comportamento não é exclusivo dos agentes do mercado informal: a própria ação do poder público muitas vezes tem reforçado a tendência de expulsão dos pobres das áreas mais bem localizadas, à medida que procura os terrenos mais baratos e periféricos para a construção de grandes e desoladores conjuntos habitacionais. Desta forma, vai se configurando uma expansão horizontal ilimitada, avançando vorazmente sobre áreas frágeis ou de preservação ambiental, que caracteriza nossa urbanização selvagem e de alto risco. Esses processos geram efeitos nefastos para as cidades como um todo.

E quando a ocupação das áreas frágeis ou estratégicas, sob o ponto de vista ambiental, provoca enchentes ou a erosão, é evidente que quem vai sofrer mais é o habitante desses locais, mas as enchentes, a contaminação dos mananciais e os processos erosivos mais dramáticos atingem a cidade como um todo. Além disso, a pequena parte melhor infra-estruturada e qualificada do tecido urbano acaba sendo um objeto de disputa imobiliária, o que acaba também gerando uma deterioração dessas partes da cidade.

Este modelo de crescimento e expansão urbana, que atravessa as cidades de Norte a Sul do país, tem sido identificado, no senso comum, como “falta de planejamento”. Segundo esta acepção, as cidades não são planejadas e, por esta razão, são “desequilibradas” e “caóticas”.

Outra acepção trata-se não da ausência de planejamento, mas sim de uma interação bastante perversa entre processos sócio-econômicos, opções de planejamento e de políticas urbanas, e práticas políticas, que construíram um modelo excludente em que muitos perdem e pouquíssimos ganham.

1.5 A Suíça brasileira

Denominada por muitos como a Suíça brasileira, Campos do Jordão com cerca de 45.000 habitantes, apresenta além da pujança de seus bairros residenciais, onde são construídos palacetes por aqueles que formam a elite, tem também o seu lado triste, onde reina a miséria, a fome e o desemprego.

São suas favelas onde são abrigadas muitas pessoas entre crianças e adultos que necessitam, principalmente na época do frio, da nossa compreensão e ajuda material. Para Oliveira (1991), aproximadamente 56% da população encontra-se na condição de favelada. Para ele, antigamente, o povoamento das favelas em Campos do Jordão estava associado aos migrantes em busca de trabalho, mas a partir dos anos oitenta, o crescimento passou a estar relacionado mais diretamente com as demandas requeridas pela economia local.

Para muitos que visitam a cidade de Campos do Jordão tem uma visão única: aquela do bairro do Capivari, conhecido como centrinho, onde se concentram lojas, restaurantes e atrações turísticas.

Um olhar mais atento observa-se em Campos do Jordão, que a aparência externa prevalece na paisagem, o espaço torna-se às vezes, promiscuo e, os barracos e as pessoas se amontoam sob esse olhar externo. A aparência externa revela o caos exigindo outras leituras para se compreender a ordem, a organização e o uso do espaço na cidade.

Uma queda do padrão de vida desses moradores é visível em função da localização do barraco e da distância do trabalho, reiterando a tese de Kowarick (1993), ao estudar a classe trabalhadora paulistana nos anos 40 do século XX, quando estes foram praticamente expulsos do centro para a periferia, perdendo muito em qualidade de vida, intensificando a

espoliação urbana estudada pelo próprio Kowarick (1993) e a espoliação econômica exposta por Engels, ainda anos quarenta, do século XIX.

Em outubro de 1988, o jornal Gazeta Jordanense publicou um artigo no qual tinha o seguinte título: "Áreas verdes são comercializadas ilegalmente". O artigo relata o crescimento das invasões de áreas verdes na cidade. Um total de 12 áreas foram invadidas em diversos pontos. Nos locais foram erguidos barracos que constituíram pequenas favelas e, por causa dessas invasões, nasceu a figura do barraqueiro, espécie de corretor de áreas verdes invadidas.

Segundo a Secretaria Municipal de Obras, foi a partir dos anos 70 que tiveram inicio as grandes invasões nas áreas verdes, áreas de lazer dos loteamentos e áreas particulares, todas nos morros de Campos do Jordão.

Muitos imóveis nos bairros de Viloa Albertina, Morro das Andorinhas, Britador, Vila Santo Antonio, Vila Maria, e outros locais foram ocupados com o incentivo de autoridades que deveriam ter coibido essas ações. Sérios e fatais deslizamentos ocorreram e dezenas de vidas foram perdidas no bairro da Vila Albertina nos anos de 1972 e 2002.

Para o IPT, Instituto de Pesquisa Tecnológica, num levantamento realizado em dezembro de 2000, apontou que Campos do Jordão possui mais áreas de risco de desabamentos na faixa entre alto e muito alto. Nesse levantamento constatou-se que uma população de 7000 pessoas estava sujeita a acidentes, 1500 casas. As áreas identificadas pelo IPT são no Morro do Britador, Vila Albertina, Santo Antonio, Vila Nadir, Sodipe e Paulista Popular.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Estatuto da Cidade. 2001. **Estatuto da Cidade**: Lei n} 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana.- Brasília: Câmara do Deputados, Coordenação de Publicações, 2001. 273 p

CHRISTOFOLETTI, A. 1979. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo. Hucitec

CAMPOS DO JORDAO. Secretaria Municipal de Obras. 2000 Histórico, Campos do Jordão –SP.

PERES FILHO, A. 2004. **Abordagem Sistêmica em Geografia**. Texto usado na disciplina Meio Ambiente: Relações homem x natureza. Unesp. Rio Claro

GAZETA, Jordanense. 1988. **Campos do Jordão**. Pág. 05

HOGAN, D. J.; CARMO, R. L.; ALVES, H. P. F., RODRIGUES, I. A. 2000. Sustentabilidade no Vale do Ribeira-SP: conservação ambiental e melhoria das condições

de vida da população. Pág. 385-410. In: D. J. HOGAN, J. M. P. DA CUNHA, R. BAENINGER, R.L. CARMO (orgs). **Migração e Ambiente em São Paulo**: aspectos relevantes da dinâmica recente. Nepo, Unicamp, Campinas.

KOWARICK, L. 1993. **A Espoliação Urbana**. São Paulo. Editora Paz e Terra.

OLIVEIRA, J. O. S. 1991. **A Quem interessa a urbanização clandestina**. Estudos sobre Campos do Jordão. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. USP-SP.

ROSA, E. A. 2000. Modern Theories of Society and the Environment: the risk society. Pág 73-101 In: G. SPAARGAREN; A. P. J. MOL; F. H. BUTTEL (eds.). **Environment and Global Modernity**. London, Sage.

TORRES, H. G. 2000. A Demografia do Risco Ambiental. Pág. 53-73. In: H. TORRES; H. COSTA (orgs). **População e Meio Ambiente**: debates e desafios. São Paulo, Editora Senac.

TROPPMAIR, H. 2004. **Sistema, Geossistemas, Geossistemas Paulistas, Ecologia da Paisagem**. Rio Claro. IGCE, Unesp.

VULNERABILIDAD INSTITUCIONAL Y DESASTRES NATURALES. ¿DEL MANEJO DE LOS DESASTRES A LA GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGO DE DESASTRES?

Diego Martín Ríos[1]

[1]Instituto de Geografía
Universidad de Buenos Aires
diegomrios@hotmail.com

RÍOZ, D. M. Vulnerabilidad institucional y desastres naturales. ¿Del manejo de los desastres a la gestión integral de riesgos de desastres? In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 866-880. (CD-ROM)

RESUMEN

A comienzos del siglo XXI, tanto en Argentina como en el resto de los países de Latinoamérica, se continúan ocultando las indiscutibles causas sociales de los desastres *naturales*. Desde los ámbitos de poder, se culpabiliza a la naturaleza y se aleja a la sociedad de toda responsabilidad, situándola como víctima *pasiva* de los desastres naturales. De esta forma, se diluyen los niveles de responsabilidad de los actores sociales que participan de la construcción social del riesgo de desastres; entre los cuales el Estado es uno de los que tiene mayor incumbencia. Es por ello que este trabajo aborda los aspectos sociales que participan en la construcción de dichos escenarios, focalizando en aquellos que forman parte de la vulnerabilidad institucional presentes en nuestras sociedades no desarrolladas. Como contrapartida del actual contexto ineficiente de manejo de los desastres, se presenta una propuesta de *gestión integral del riesgo* (alternativa y *superadora* de la situación actual), la cual fue elaborada por una institución académica y de gestión de prestigio sobre estos temas en Latinoamérica. En este trabajo se cuestiona la posibilidad de que dicha propuesta pueda llevarse a cabo en un contexto de crisis institucional en la sociedad argentina actual. Para lo cual se efectúa una aproximación a la situación de vulnerabilidad institucional en el nivel de gestión local del manejo de los desastres para la provincia de Buenos Aires, focalizando el análisis en algunos de los impedimentos que obstruyen la posibilidad de aplicación de la antedicha propuesta: las concepciones y prácticas que las instituciones encargadas del manejo de los desastres tienen sobre los mismos y, el grado de participación que las mismas otorgan a los actores sociales comunitarios en la toma de decisiones sobre estos asuntos.

Palabras-clave: desastres naturales, manejo de desastres, gestión integral del riesgo, vulnerabilidad institucional, participación comunitaria.

INSTITUTIONAL VULNERABILITY AND NATURAL DISASTERS. ¿FROM DISASTER MANAGEMENT TO INTEGRAL DISASTER RISK´S MANAGEMENT?

ABSTRACT

At the beginning of the XXI century, in Argentina and in the rest of the countries of Latin America, it has been continue hiding the unquestionable social causes of the natural disasters. From field of power decision it is blamed to the nature and it is taken away from the society of all responsibility, putting it as passive victim of the natural disasters. Therefore the responsibility of the social actors, who participate in the social construction of the risk of disasters, is diluted; among all of them, the State has the biggest incumbency. The present work approaches the social aspects that participate in the construction of this scenarios, focusing in those which are part of the institutional vulnerability presents in our undeveloped societies. But in contrast, of the actual inefficient context of disasters management, it presents a proposal of integral management risk's disasters (alternative and *better* than the current situation), which was elaborated by an important academic and management institution about this matters in Latin America. In this work it is questioned the possibility that this proposal can be carried out in a crisis institutional context of Argentinean society. For this purpose, it is made an approach of the situation of institutional vulnerability in the local level administration of the disasters management for the province of Buenos Aires, focusing the analysis in some of the impediments that obstruct the possibility of the proposal application: the conceptions and practices that the institutions in charge of the disasters management have on them and, the participation level that these institutions give to the communital social actors in the decisions on these matters.

Key-words: natural disasters, disasters management, integral management of risk´s disaster, institutional vulnerability, communal paticipation.

1. INTRODUCCIÓN

A comienzos del siglo XXI, tanto en Argentina como en el resto de los países de Latinoamérica, se continúan ocultando las indiscutibles causas sociales de los desastres *naturales*. Con cada acontecimiento desastroso, los gobiernos y los medios de comunicación se empeñan en imponer la idea de una sociedad *impotente* frente a las *poderosas fuerzas de la naturaleza*, fomentándose así una percepción fatalista y errónea de la problemática. Así, desde los ámbitos de poder se culpabiliza a la naturaleza y se aleja a la sociedad de toda responsabilidad, situándola como víctima *pasiva* de los desastres naturales. En consecuencia desde esta posición no sólo se aparta a la sociedad como sujeto responsable en la construcción de escenarios de riesgo que predisponen la ocurrencia de los desastres y las magnitudes de los impactos negativos, sino que también se diluyen los niveles de responsabilidad de los actores sociales que participan de dicha construcción; entre los cuales el Estado es uno de los que tiene mayor incumbencia.

Tal como sostiene Gellert *et. al.* (2003), el reconocimiento de las causas sociales de los desastres (construcción social del riesgo), aparentemente novedosa, no es una revelación original, pues ya desde hace más de dos décadas existen importantes documentos al respecto, y no solamente en el ámbito académico precursor en este sentido, sino también por parte de organismos vinculados usualmente con la problemática de la atención de desastres. Sólo para mencionar un ejemplo, un informe de la Cruz Roja Sueca[1] de 1984 destaca lo inapropiado de los llamados *desastres naturales*, resaltando que "todos los problemas importantes relacionados con los desastres en el Tercer Mundo son esencialmente problemas de desarrollo no resueltos" (GELLERT *et. al.*, op. cit., p. 21). En este sentido, Lavell (2000) afirma que el nivel de riesgo frente a desastres de una sociedad está relacionado con sus niveles de desarrollo y su capacidad de modificar los factores de riesgo que potencialmente los afectan. En la medida que el riesgo es producto de procesos sociales particulares, es entonces producto directo o indirecto de los estilos o modelos de crecimiento y desarrollo impulsados con sus corolarios sociales y territoriales. Es decir, el riesgo es una dimensión negativa de los modelos de desarrollo y, en consecuencia, una medida de insostenibilidad.

Los problemas de desarrollo no resueltos en nuestros países juegan un rol significativo en los distintos aspectos que intervienen de forma directa sobre una de las

[1] Hagman, G. *et. al.* (1984) *Más vale prevenir que curar: informe sobre desastres que afectan al hombre y al medio ambiente en el Tercer Mundo*; Estocolmo- Ginebra: Cruz Roja Sueca (citado en GELLERT, *et. al.,* op. cit.)

dimensiones constitutivas del riesgo de desastres[2]: *la vulnerabilidad social*. Ésta es una noción compleja, multidimensional, y relativa a algún tipo de peligro. Abordarla implica tener en cuenta las condiciones y situaciones socioeconómica, política, cultural, institucional, etc., de la sociedad local previas a la ocurrencia de un desastre. De ellas deriva el modo en que los grupos sociales afectados puedan, o no, anticiparse a un suceso peligroso y actuar en consecuencia antes, durante y después del impacto (BLAIKIE *et. al.*, 1998).

Parte importante de los enormes niveles de vulnerabilidad social frente a los desastres presentes en nuestros países están vinculados a las concepciones y prácticas llevadas a cabo por las instituciones públicas pertinentes (Defensa Civil, entre otras), evidentemente insuficientes ante los acontecimientos ocurridos hasta el momento. Preguntarse sobre estos aspectos, entre otros, implica poner el foco sobre ciertas características de lo que algunos autores, tales como Wilches- Chaux (1998), Lavell (1996), entre otros, denominan como *vulnerabilidad institucional*; las cuales tienen directas implicancias en la potenciación (o no) de las situaciones de riesgo de desastres. Así, cuanto mayor sea la vulnerabilidad institucional, mayor será el grado de incertidumbre con el que se tomen decisiones, lo que terminará repercutiendo a su vez en un mayor grado de riesgo de desastres.

Ante el actual contexto de manejo de los desastres que presentan la mayoría de los países latinoamericanos, algunas organizaciones han elaborado, desde una perspectiva social, una propuesta de *gestión integral del riesgo*. Dicha propuesta, efectuada por investigadores de ámbitos académicos y de gestión con larga trayectoria en nuestra región: la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina -*La Red*-, está teniendo una significativa difusión y se presenta como propuesta alternativa y *superadora* de la situación actual de manejo de los desastres.

En este sentido, el presente trabajo tiene como propósito incursionar en las causas sociales de los desastres *naturales*, más específicamente, en los aspectos que forman parte de la vulnerabilidad institucional frente a los desastres. En esta oportunidad, nos preguntamos, a modo de ejercicio, sobre la aplicabilidad de la propuesta efectuada por *La Red* en el contexto de crisis institucional que presenta la sociedad argentina hacia principios del siglo XXI, expresado concretamente en el alto grado de vulnerabilidad

---

[2] La *peligrosidad* o amenaza es la otra dimensión que forma parte del riesgo de desastres. Ésta está asociada al potencial peligroso de los fenómenos naturales y los procesos tecnológicos, siendo dicho potencial peligroso inherente al fenómeno mismo. Un fenómeno sólo adquiere la condición de peligroso, y en consecuencia, pasa a ser parte del riesgo, cuando su ocurrencia se da o se prevé en un espacio

institucional. Para ello, en una primera parte, se exponen los aspectos conceptuales de la vulnerabilidad institucional frente a los desastres. Luego, se presenta la propuesta de gestión integral del riesgo de desastres efectuada por *La Red* y, en el apartado siguiente, se exhiben las limitaciones que se alzan frente a la mencionada propuesta. En esta ocasión, dicho ejercicio, se realiza a través de una breve caracterización de algunos de los aspectos integrantes de la vulnerabilidad institucional frente a los desastres por inundaciones[3] para el nivel de gestión municipal de la provincia de Buenos Aires.

2. LA VULNERABILIDAD INSTITUCIONAL FRENTE A LOS DESASTRES NATURALES

Ahondar en los aspectos institucionales permite comprender algunas de las causas más significativas que participan de la amplificación de la compleja situación de vulnerabilidad social presentes en nuestras sociedades frente a los desastres. En este sentido, abordar la *vulnerabilidad institucional*, implica caracterizar las concepciones y prácticas llevadas a cabo por parte de las instituciones públicas encargadas del manejo de los desastres, las cuales a veces se traducen en obstáculos formales que impiden una rápida y adecuada respuesta ante situaciones de desastres y, en este caso en particular, una implementación de la propuesta de gestión integral del riesgo de desastres.

Según Wilches- Chaux (1998), entre los obstáculos formales involucrados pueden indicarse los siguientes: concentrado accionar en el momento de emergencia/ respuesta, carácter centralista y jerárquico en la toma de decisiones, politización y corrupción del Estado, burocratización, *celos institucionales*, descoordinación entre instituciones, alta rotación y escasa formación de sus funcionarios, limitaciones de recursos, vicios burocráticos, político- partidarios y de corrupción, el poder real que todavía conserva el centralismo y la visión de corto plazo, entre otros.

Asimismo, de acuerdo a este último autor, muchos de estos obstáculos, están presentes en las administraciones municipales (entre otros niveles de gestión), dificultando o incluso impidiendo que los municipios asuman plenamente su papel de unidades de gestión de lo público frente a esta temática. A esta situación se debe sumar una peor: en los

---

ocupado por una determinada sociedad. La peligrosidad se refiere al aspecto del riesgo que esa sociedad percibe e identifica física o representacionalmente como negativa o dañina (NATENZON *et. al.*, 2003).

[3] Se ha elegido las inundaciones por ser la principal peligrosidad desencadenante de los desastres naturales para la provincia de Buenos Aires, como así también el *tipo* de desastre más estudiado por el Programa de Investigaciones en Recursos Naturales y Ambiente, Instituto de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires (PIRNA), del cual formo parte. Asimismo, la generalización que en este artículo se efectúa es producto tanto de trabajos anteriores realizados por el propio autor, para los casos de los partidos de Tigre y Avellaneda (RÍOS, 2002 y 2004, respectivamente), como por los estudios de otros partidos de la Provincia realizado por otros autores: *Campana y Zárate* (BARRENECHEA Y GENTILE, 1998); *partidos de la cuenca del río Salado- Provincia de Buenos Aires* (NATENZON, 1994); *Pergamino* (HERZER *et. al.*,2000), etc.

momentos concretos de emergencia/ respuesta del desastre se agudizan los *celos institucionales*, aumenta la lucha por el poder sobre los recursos disponibles, por la influencia sobre las autoridades locales, por la atención de los medios de comunicación, en fin, por el protagonismo en la atención del desastre y de sus *víctimas*.

En Argentina, como en la mayoría de los países latinoamericanos, las instituciones públicas responsables ante situaciones de desastres manifiestan una arraigada concepción de los mismos como productos de la propia naturaleza del evento (la peligrosidad), restringiendo su accionar, principalmente, a los momentos de emergencia/ respuesta y operando una vez que el riesgo se ha cosificado, es decir, cuando ya se ha transformado en desastre. De esta forma, se trata la atención de los síntomas, dejando sin cuidado la intervención sobre las causas de la construcción social de riesgos de desastre (NATENZON *et. al.*, 2003). Es por ello que distintos autores, tales como Lavell (1996), Cardona (1996), entre otros, designan a esta concepción y accionar como *manejo de los desastres*. En oposición a esta realidad, autores pertenecientes a *La Red*, elaboraron una propuesta alternativa y *superadora* de las concepciones y prácticas actuales, denominada *gestión integral del riesgo de desastres*, la cual por lo menos en términos teóricos adquiere una noción más completa y holística de los mismos.

Como se puede observar, existe una notable diferencia entre ambas expresiones. Hablar de riesgo de desastres o de desastres, a secas, en realidad hace a la diferencia básica en la comprensión de la problemática a enfrentar. En relación a ello, Mansilla (2000) pone en relieve esa diferencia: "... los *desastres* son eventos consumados, expresados en la materialización de las amenazas sobre contextos vulnerables. Es decir los desastres se presentan como resultados de la concreción de los procesos de riesgo; y, en consecuencia, el *riesgo* se convierte en el elemento sustancial tanto para entender cómo se construyen los desastres, como para determinar los elementos sobre los cuales debemos incidir para evitar o reducir sus efectos" (MANSILLA, op. cit., p.17).

2.1. Una propuesta de gestión integral del riesgo de desastres

La propuesta de gestión integral del riesgo de desastres va mucho más allá de acciones concentradas durante la emergencia/ respuesta ante un determinado desastre o de soluciones a través de obras de ingeniería, como tradicionalmente se efectúa. Esta propuesta consiste en una red de instituciones de diversos niveles de gestión (municipal, provincial y nacional) que se articulan entre si considerando, "... por un lado, las fases diferenciadas del llamado *ciclo* o *continuo* de los desastres, que definen discretos (aunque

relacionados) conjuntos de actividades, o sea, la prevención, la mitigación, la preparación, la emergencia/ respuesta, la recuperación y reconstrucción; por otro lado, las organizaciones, instituciones, colectividades (comunidades, gremios, etc.) o individuos facultados, capacitados o dotados de los medios para gestionar e implementar políticas, estrategias y acciones pertinentes a los distintos componentes del *ciclo* o *continuo* de los desastres" (LAVELL, 1996, p. 26).

Al mismo tiempo, esta propuesta supone una idea de *gestión*, como una estructura con nodos, líneas de interconexión, flujos y jerarquías, la cual opera como un todo en relación al logro de objetivos o resultados concretos (definidos por políticas establecidas) y en la cual los nodos o componentes básicos de la estructura (instituciones públicas, ONGs, comunidad, etc.) tienen establecidas funciones claras y jerarquizadas. En un sistema de gestión de riesgos de desastres cada una de las instituciones y organizaciones que la conforman, conservan su autonomía, sus competencias y funciones, y sus responsabilidades sectoriales y territoriales (LAVELL, 1996)[4].

La gestión integral del riesgo se diferencia del manejo de los desastres, no sólo por una cuestión de denominación, sino porque es superadora de la concentración de las responsabilidades en un solo tipo de instituciones (las estatales) y del accionar centralizado en el momento de la emergencia/ respuesta. Así, a diferencia del primero, la gestión del riesgo pretende ocuparse de los otros momentos del continuo del desastres, sobre todo en el *antes*, es decir en acciones vinculadas a las etapas de mitigación, prevención, etc. En consecuencia, las actuales instituciones encargadas de proceder en los momentos de emergencia/ respuesta, no serán las únicas responsables, sino que tendrán responsabilidades muy definidas y acotadas (en uno de los momentos: el *durante*) al interior de un sistema de gestión integral del riesgo.

Si el desastre es pensado como el resultado de un proceso de largo plazo que se extiende hacia atrás y hacia adelante del momento cuando se produce el fenómeno desencadenante, nos alejamos de una mirada exclusivamente puntual: del momento de emergencia/ respuesta; es decir, cuando existe conciencia del desastre como *actualización de un riesgo* que se ha construido socialmente a lo largo de la historia de una sociedad

[4] Una organización institucional de esta naturaleza es el *Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres* de Colombia, el cual fue instituido con las entidades del Estado y con las ONGs ya existentes en todos los niveles. "Entre sus propósitos se encuentran aspectos tales como la realización de mapas de amenazas y de determinación de zonas de máximo riesgo, instrumentación y vigilancia de fenómenos naturales, fortalecimiento institucional y financiero, dotación de centros de reservas y elaboración de planes de emergencia, educación y capacitación, incorporación de la prevención en planes municipales y regionales de desarrollo, análisis de vulnerabilidad y reubicación de viviendas de alto riesgo, recuperación post desastre y recuperación de cuencas hidrográficas degradadas. Estos aspectos se vienen promoviendo en el plano local, provincial y nacional mediante la concertación interinstitucional de entidades gubernamentales y representantes de ONGs" (CARDONA, 1996, p. 93).

afectada, mediante la acumulación de peligrosidades y vulnerabilidades en un determinado espacio, “se vuelve necesario redefinir (...) y fortalecer la autonomía y la capacidad de acción y decisión de los actores locales” (WILCHES- CHAUX, 1998, p. 91).

Es por ello que en esta propuesta de gestión integral del riesgo la principal responsabilidad ejecutora recae en el nivel local, es decir el ámbito municipal. El espacio local, y en particular el municipio, como su expresión político- administrativa, es el espacio donde se producen, con todas sus implicaciones prácticas, los encuentros y desencuentros entre imaginarios, percepciones, intereses contrapuestos de los actores sociales. Lo cual lo transforma en el espacio inmediato del conflicto, pero también el espacio donde surge y se concreta la posibilidad de la concertación.

Las autoridades municipales tienen la responsabilidad de administrar los espacios de la cotidianidad en tanto que éstas se encargan de las instituciones públicas locales de gestión más cercanas a la vida cotidiana. Según Cardona (1996), un elemento esencial de la gestión integral del riesgo es la capacidad para reconocer la existencia de conflicto de intereses en cualquier escenario de riesgo y para propiciar una negociación pacífica entre las partes enfrentadas (actores sociales con intereses diferentes y contrapuestos) que, mediante la concertación permita encontrar opciones, que beneficien -en lo posible- a la mayoría de los actores. En este sentido, este mismo autor asegura que la tendencia hacia el fortalecimiento de lo local pareciera irreversible, entre otras razones, porque lo local constituye el espacio inmediato para la participación de la comunidad. La gestión integral del riesgo busca recuperar, valorar, sistematizar, hacer expresas y conciente, y por su puesto mejorar y fortalecer -a la luz de los actuales conocimientos científicos y de los avances técnico-metodológicos- las estrategias muchas veces aisladas, dispersas y no siempre reconocidas, que han desarrollado las sociedades en su afán de adaptar su propia dinámica a las exigencias de un espacio en permanente transformación.

2.2. Manejo de los desastres naturales y vulnerabilidad institucional. Una aproximación a través del nivel de gestión municipal en la provincia de Buenos Aires

Para realizar una breve caracterización de los aspectos que participan de la vulnerabilidad institucional frente a los desastres naturales para el caso de los partidos de la provincia de Buenos Aires, se debe abordar a los actores sociales encargados de su manejo, entre los cuales la *Defensa Civil Municipal* se destaca entre los de mayor responsabilidad e incumbencia en la temática. Más allá que los partidos que forman parte de la Provincia presenten configuraciones espaciales, socioeconómicas y culturales distintas, los aspectos

que intervienen de la vulnerabilidad institucional frente a las inundaciones son bastantes similares. Prácticamente todos los obstáculos formales que se han mencionado precedentemente para el caso de la vulnerabilidad institucional están presentes en la mayoría de los casos. Sin embargo, algunos de estos obstáculos pueden percibirse como más importantes en tanto condicionantes del desarrollo de la propuesta de gestión integral del riesgo de desastres. Entre ellos pueden mencionarse: A) las concepciones y prácticas que las instituciones encargadas del manejo de los desastres tienen sobre los mismos y, B) la escasa o nula participación en la toma de decisiones de actores sociales representantes de la sociedad civil.

Según Wilches- Chaux (1998) uno de los aspectos centrales para que en la práctica un sistema de gestión del riesgo sea efectivo, no tiene que ver simplemente con las características aisladas de cada una de las instituciones que la conforman, la manera en que logran articularse con las otras, sino que está asociado al *espíritu* con que el sistema como un todo -y cada uno de sus componentes- conciben y abordan los riesgos y los desastres.

A pesar de que el manejo del desastre efectuado por las instituciones públicas en Argentina debería contener -según la normativa vigente- actividades ligadas a la prevención, preparación, atención de la emergencia/ respuesta y recuperación/ reconstrucción de los desastres, el momento mismo de la emergencia/ respuesta constituye el eslabón fundamental. De esta manera, la intervención posible es vista, básicamente, como *curativa*, concibiendo, así, los desastres como eventos *excepcionales* frente a la *normalidad* de la vida cotidiana de una sociedad (WILCHES- CHAUX, 1998). Según este mismo autor, la atención de la emergencia/ respuesta se refiere a todas las acciones que se realizan inmediatamente después que se presenta un fenómeno capaz de desencadenar un desastre, es decir la movilización social e institucional necesaria para salvar vidas y bienes una vez que el fenómeno se ha exteriorizado, y dar los primeros pasos hacia la recuperación de esa sociedad.

Las principales instituciones partícipes del manejo de los desastres, tal es el caso de la Defensa Civil[5] o de la Prefectura Naval, están dirigidas por autoridades retiradas o activas pertenecientes a las fuerzas de seguridad. Las mismas presentan lógicas y prácticas

[5] Recién a partir del decreto 660/96 de la Segunda Reforma del Estado, se estableció la transferencia de la Dirección Nacional de Defensa Civil, dependiente anteriormente del Ministerio de Defensa, a la órbita del Ministerio del Interior. A su vez, el Decreto 1.015/97 establece su nueva dependencia y funciones. La Defensa Civil Nacional pasa a denominarse *Protección Civil* y es una Dirección dependiente de la Dirección Nacional de Planeamiento y Protección Civil que se desprende de la Subsecretaría de Planeamiento y Protección Civil de la Secretaría de Seguridad Interior. Más allá de esta nueva denominación en el nivel nacional, en los niveles provincial y municipal mantiene su antiguo nombre de *Defensa Civil,* por el cual continua siendo reconocido por gran parte de la sociedad (BARRENECHEA y NATENZON, 1997). Este cambio de denominación de *Defensa* a *Protección* no sólo da cuenta del pasaje de la órbita de un ministerio a otro, sino que también puede leérselo como un punta pié inicial en la forma de concebir cuáles son las instituciones que deben hacerse cargo de estos temas en nuestra sociedad.

que les son propias, las cuales inciden en la concepción de los riesgos de desastres con un modo de intervención semejante a la logística militar, es decir como si estuvieran ante una situación de conflicto bélico frente a un *agente externo que invade a la sociedad*, por lo que restringen su accionar, entre otras razones, en los momentos de emergencia/ respuesta.

Frecuentemente, los que trabajan en las instituciones encargadas del manejo de los desastres son *gente de acción*. A los cuerpos técnico- burocráticos ejecutivos se les exigen mostrar rápidamente *resultados materiales*. Siempre se debe responder/ presentar resultados visibles lo más pronto posibles. Existe una visión del producto, un enfoque centrado en la rápida obtención de productos tangibles, físicos y materiales. Por el contrario, Wilches- Chaux (1998) sostiene que la gestión integral del riesgo tiene una visión de proceso, para la cual más importante que los resultados materiales que se obtengan es la manera de llegar a ellos. Sin perder de vista que todo proceso debe (tarde o temprano) -y por supuesto mucho mejor si es más temprano que tarde- producir resultados tangibles en los espacios que exhiben situaciones de riesgo.

Este tipo de instituciones, aún en contextos democráticos, presentan habitualmente características autoritarias y paternalistas por lo que la participación de los actores sociales comunitarios en la toma de decisiones y la habilitación de otras formas de intervención sobre estos temas están prácticamente excluidas. Así, las decisiones en torno a la definición de qué es riesgoso (a lo que ellos denominan *hipótesis de riesgo*) y qué modos de intervención deben adoptarse en situaciones de desastres (Planes de Emergencia y Evacuación, etc.), están concentradas en los cuadros técnico-burocráticos de estas instituciones públicas, quedando fuera la posibilidad de participación de otros actores sociales, como es el caso de los comunitarios.

A pesar de la existencia y divulgación de la perspectiva social en relación a los riesgos de desastres por parte de algunos centros académicos u organizaciones internacionales con intereses en la materia (PNUD, OEA, BID, entre otros), todavía persiste en la mayoría de las instituciones encargadas del manejo de los desastres un enfoque fisicalista o técnico. Este enfoque, proveniente de las ciencias físico- naturales e ingenieriles, también se instaura como otro factor limitantes, en la medida en que no posibilita la participación de otros actores sociales en la toma de decisiones (LAVELL, 1996; CARDONA, 1996; WILCHES- CHAUX, 1998).

Por otro lado, este último enfoque juega un rol significativo en la elección de las alternativas de solución que se crean. Herzer (2001) sostiene que, en relación a ello "... el virtual monopolio de los ingenieros en la mayor parte de las organizaciones a cargo de la

mitigación del riesgo de inundación [en este caso para la provincia de Buenos Aires], conduce a un cierto sesgo o énfasis en las soluciones de tipo ingenieril, las cuales son apoyadas por otros grupos de la sociedad" (HERZER, op. cit., p. 178). Entre estos grupos sobresalen tanto los intereses inmobiliarios, muchas veces representados por renombrados estudios de arquitectos, ingenieros civiles, etc., como los intereses partidarios/ electorales de los gobernantes de turno, que visualizan en el acto de inauguración de una obra de ingeniería un importante rédito político- electoral; obra que a su vez es instalada por estos mismos intereses como la solución única[6].

Para el nivel municipal, el Decreto- Ley 11.001/63 de la provincia de Buenos Aires (y sus disposiciones posteriores) constituye el marco reglamentario que establece las misiones y funciones de la propia institución y las otras instituciones que integran el *sistema de Defensa Civil*. Precisamente, en la escala local la Defensa Civil Municipal es la coordinadora de este sistema, denominado *Juntas Municipales de Defensa Civil* (JMDC), bajo la dependencia de la Dirección Provincial de Defensa Civil. La JMDC es el máximo órgano en ese nivel de gestión sobre la temática, la cual está formada de la siguiente manera: Intendente (Presidente), Director de Defensa Civil Municipal (Secretario), Secretarios de gobierno (vocales), Bomberos Voluntarios (vocales), Prefectura Naval (vocales, en caso de incumbencia), Cruz Roja Argentina (vocales), dirigentes de entidades de bien público (ONGs) como es el caso de los Scouts, Radio Clubes (radioaficionados) y Sociedades Colombófilas[7] (los tres, vocales no permanentes) [8].

De acuerdo con la reglamentación vigente, las JMDC han sido creadas con el objeto de generar un espacio para la participación, articulación y consenso en la toma de decisiones sobre estos temas. Sin embargo, en términos de participación de otros actores sociales en la toma de decisiones, se puede detectar -por lo menos- dos factores limitantes. Por un lado, las únicas organizaciones civiles con poder de decisión son los Bomberos Voluntarios y la Cruz Roja; el resto de las ONGs autorizadas no puede participar en la decisión. A pesar de ello, en varias oportunidades, las JMDC no ha sido llevadas a la

[6] La profusa historia de acontecimientos desastrosos ocurridos demuestran que, en varias oportunidades, las soluciones *técnicas* para mitigar los desastres, materializadas específicamente en obras de ingeniería, no son soluciones de por vida, sobre todo teniendo en consideración el contexto de crisis en el que están insertos nuestros estados. A menudo, las soluciones propiamente tecnológicas se vuelven obsoletas e inseguras producto de la ausencia de leyes y normas o, si existen, muchas veces no se cumplen, convirtiéndose las mismas obras en amplificadoras de los peligros que desencadenan los desastres. De allí la necesidad de una propuesta más holística y abarcadora, en donde las obras -a veces- son parte de las soluciones a proyectar, pero evidentemente no son las únicas respuestas que se pueden idear frente a esta compleja problemática.

[7] Esta institución vinculada a la comunicación a través del adiestramiento de aves (palomas mensajeras) se encuentra prácticamente desaparecida debido a los adelantos tecnológicos en materia de comunicaciones.

[8] Entre las ONGs que pueden participar de las JMDC para el caso de la provincia de Buenos Aires, sólo las mencionadas anteriormente pueden colaborar en las tareas tales como: apoyo para la recolección y distribución de alimentos, ropa, realizar primeros auxilios, prestar asistencia a los centros de evacuados. Cabe aclarar que todas estas actividades están bajo supervisión de la Defensa Civil Municipal.

práctica. Esto no sólo ocurrió para los casos de estudio de Avellaneda y Tigre -trabajados por el autor-, sino que también se reproduce en otros partidos pertenecientes a la Provincia, de acuerdo a lo expresado tanto en las entrevistas efectuadas a distintos informantes claves como por la bibliografía de otros autores (BARRENECHEA y GENTILE, 1998; NATENZON, 1994; HERZER, 2000). De esta forma, muchas veces la toma las decisiones giran en torno a un único actor institucional: el director de Defensa Civil Municipal; por lo que los representantes del resto de las instituciones -incluso algunos con poder de decisión (vocales)-, ven a las JMDC como pantomimas; como instancias no representativas e inoperantes. Este hecho, que infringe la normativa vigente, entre otros tantos, lleva a que se vaya enraizando cierta desconfianza entre estas instituciones.

Por otro lado, no está reglamentada la posibilidad de participación de otros actores sociales pertenecientes a la sociedad civil o comunitarios. Las decisiones tomadas en torno al manejo de los desastres se circunscriben esencialmente a las instituciones públicas y, de llevarse a cabo las JMDC, sólo participan unas pocas ONGs. En consecuencia, los representantes de los actores sociales comunitarios no tienen la posibilidad de acercar sus ideas, perspectivas, inquietudes o propuestas, quedando tanto estas últimas como la concepción del riesgo de desastres que éstos poseen excluidas y reducidas.

Si se reconoce que las sociedades latinoamericanas forman parte -en términos generales- de Estados donde *prevalecen* los principios democráticos, las estrategias, creencias, conocimientos, ideas, inquietudes, etc. de los actores sociales comunitarios deberían ser tenidos en consideración a la hora de establecer políticas públicas en las cuales éstos están involucrados (en este caso las vinculadas con los riesgos de desastres). Sin embargo, hasta el momento esto no se ha efectivizado. La población es vista sólo como objeto de la política pública por parte de las instituciones encargadas del manejo de los desastres, en lugar de sumarla como *sujetos entendidos* de los procesos que se intentan encaminar. Así, se termina acentuando la desconfianza de los actores sociales comunitarios involucrados en los proyectos y políticas públicas generadas por estas instituciones.

Como se ha podido observar anteriormente, la propuesta de *gestión integral del riesgo de desastres* corre por otro andarivel. En ella se promueven nuevos cauces de participación, en la que se procura recuperar y fortalecer las estrategias, creencias, conocimientos, ideas, inquietudes, etc. que pueden traer consigo los actores sociales comunitarios, posibilitando en consecuencia una mejor aplicabilidad de la propuesta de gestión integral del riesgo a los contextos locales a los cuales se quiere implementar.

3. CONSIDERACIONES FINALES

El objetivo principal del presente trabajo es poner en relieve las causas sociales en la construcción de escenarios de riesgo de desastres *naturales*, siendo el Estado uno de los actores sociales con mayor responsabilidad. Precisamente, los aspectos institucionales, en este caso representados a través de las instituciones encargadas del manejo de los desastres, juegan un rol significativo en dicha construcción. Si bien la formalización de los contextos de riesgo no acaban con el problema *per se*, la falta de pautas claras aumentan la indeterminación, es decir, la existencia de cadenas causales abiertas que dificulta la previsión y la planificación y da lugar a conflictos crónicos e indecisiones, socavando la legitimidad y la integridad de las instituciones encargadas de actuar frente a los desastres (WYNNE, 1992). En consecuencia, un escenario con alto grado de vulnerabilidad institucional, expresado en un alto nivel de incertidumbre en la toma de decisiones, amplifica considerablemente el grado de riesgo existente frente a los desastres de una determinada sociedad.

Como se ha podido advertir, a través de la caracterización de la vulnerabilidad institucional en el nivel de gestión municipal de la provincia de Buenos Aires, existen notables limitaciones que impiden la posibilidad de aplicación de la propuesta de gestión integral del riesgo de desastres formulada por *La Red*. Entre estas limitaciones, en este trabajo se ha focalizado en dos de ellas: las concepciones y prácticas que las instituciones encargadas del manejo de los desastres tienen sobre los mismos y, el grado de participación que las mismas otorgan a los actores sociales comunitarios en la toma de decisiones sobre estos asuntos. Sin embargo, cabe aclarar que la imposibilitan de concreción de la citada propuesta está asociada a la articulación y sumatoria del conjunto de obstáculos anteriormente aludidos.

A pesar de esta situación, se está comenzando a observar cierta influencia de la propuesta de gestión integral del riesgo de desastres (emanadas no sólo por los ámbitos académicos y de gestión como *La Red*, sino también por parte las organizaciones internacionales con intereses en la materia), en los discursos y en las prácticas de las instituciones encargadas del manejo de los desastres. No obstante, existe el peligro de una copia estéril de los términos, sin compromiso o comprensión real de su incidencia en la práctica. Así, nos encontramos con nuevas palabras, pero siguen vigentes las antiguas percepciones y acciones. Por otro lado, se utiliza la nueva terminología, como la de los riesgos y su gestión, más bien como discurso, pero sin conocimiento, voluntad o capacidad

de traducirlas al contexto práctico de cada actor social, institución u organismo comprometido.

La gestión integral del riesgo de desastres debe ser entendida como un elemento más para el desarrollo de la sociedad. No obstante, este objetivo básico no forma parte de la tradicional doctrina de seguridad dominante en la mayoría de los países latinoamericanos, la cual se refiere a *estados de excepción* que ponen en peligro la *seguridad nacional*. La *atención de desastres* y su institucionalización surgida a partir de la década de los '70 en estos países, bajo el mando militar, sí encajaba en esta política, pero la gestión integral del riesgo requiere de una nueva agenda de seguridad. Por lo tanto, una efectiva gestión del riesgo se va a lograr entonces solamente, cuando "... la formulación de concepciones democráticas de la seguridad en el ámbito nacional y regional se convierten no sólo en texto político, sino en construcciones sociales que, en la medida en que sean llevadas a la práctica, implican una transformación sustantiva de las relaciones entre sociedad y Estado". En este sentido, "... uno de los objetivos de la acción pública debe ser la ´normalización´ de los temas de seguridad: trasladar problemas o temas del ámbito de emergencia y excepción de las políticas de seguridad, a las de regularidad y normatividad de las políticas de desarrollo" (ARÉVALO DE LEÓN *et. al.*, 2002, p. -68-69).

En tanto proceso, la gestión integral del riesgo de desastres, no puede existir como una actividad o acción aislada, es decir, con su propia autonomía. Más bien, ésta debe ser considerada como un componente íntegro y funcional del proceso de gestión del desarrollo global, sectorial, territorial, urbano, local, etc. En consecuencia, las acciones e instrumentos que fomentan la gestión del desarrollo deben ser a la vez los que fomentan la seguridad y la reducción del riesgo de desastres, para lo cual la participación de toda la sociedad es fundamental. Es por ello que, en el caso específico de los municipios de la provincia de Buenos Aires, para sobrellevar los límites que implican la escasa o nula participación en la toma de decisiones de actores sociales comunitarios sobre estos temas, se considera necesario que se reglamenten las herramientas de participación pública. A pesar de que en la última reforma constitucional de la Provincia de Buenos Aires de 1994 se incorporaron principios de la democracia participativa, aún nos encontramos ante una ausencia de mecanismos institucionales de participación pública o ciudadana en dicho distrito. De revertirse esta situación se estaría frente a uno de los elementos vitales para la construcción del camino hacia una gestión integral del riesgo.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARÉVALO L. B. et. al. (2002) **Seguridad democrática en Guatemala**: desafíos de la transformación, Guatemala: FLACSO- sede académica Guatemala.

BARRENECHEA, J.; C. Natenzon (1997) Dirección Nacional de Defensa Civil y Segunda Reforma del Estado. Modificación del encuadre institucional; En: Territorios en Redefinición. Lugar y Mundo en América Latina. 6º Encuentro de Geógrafos de América Latina. **Resúmenes**. Buenos Aires: FFyL-UBA (Ponencia completa en CD).

BARRENECHEA, J.; E. GENTILE (1998) Gestión local de riesgos urbanos: inundaciones y accidentes industriales en los municipios de Zárate y Campana, provincia de Buenos Aires. En: **Seminario el nuevo milenio y lo urbano**. Buenos Aires: FCS- UBA (Ponencia completa en CD).

BLAIKIE, P.; T. CANNON; I. DAVIS; B. WISNER (1998) **Vulnerabilidad**. El entorno social, político y económico de los desastres, Bogotá: LA RED/ITDG.

CARDONA, O. (1996) Manejo ambiental y prevención de desastres. En: Fernández, M. A. (comp.) **Ciudades en riesgo**. Degradación Ambiental, Riesgos Urbanos y Desastres en América Latina, Perú: LA RED.

GELLERT, G. (coor.) (2003) **Gestión de riesgos en Centroamérica**: iniciativas, actores y experiencias locales en El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua; Guatemala: FLACSO.

GOBIERNO de la Provincia de Buenos Aires, Decreto- Ley Nº 11.001/63 Modificado por Ley nº 7.738/71 Defensa Civil, La Plata 1975.

HERZER, H. et. al. (2000) **Riesgo urbano**: grandes inundaciones en la ciudad de Pergamino: extraordinarias, pero recurrentes ...Análisis de un proceso de vulnerabilidad progresiva. En: http://www.iade.org.ar -Revista Realidad Económica-.

HERZER, H. (2001) La participación de las organizaciones sociales. En: KREIMER, A. et. al. (editores) **Inundaciones en el Área Metropolitana de Buenos Aires**, Washington D. C.: Disaster Risk Management Working Paper Series N° 3; The World Bank. Disaster Management Facility.

LAVELL, A. (1996) La gestión de los desastres: hipótesis, concepto y teoría. En: Lavell, A. y E. Franco -edit.-: **Estado, sociedad y gestión de los desastres en América Latina**. Lima: LA RED.

MANSILLA, E. (2000) **Riesgo y ciudad**. México: Universidad Autónoma de México (UNAM), División de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura, en La Red: http://www.desenredando.org

NATENZON, C. -directora- (1994) **Catástrofes naturales, políticas públicas y desarrollo en el ámbito rural de la cuenca del río Salado, Provincia de Buenos Aires**. Informe final. Instituto de Geografía, FFyL, UBA. Buenos Aires, 1994. Dos tomos. Publicación de circulación restringida.

NATENZON, C.; N. MARLENKO; S. GONZÁLEZ; D. R; A. MURGIDA; G. MECONI; A. CALVO (2003) La dimensiones del riesgo en ámbitos urbanos. Catástrofes en el Área Metropolitana de Buenos Aires. En: **Procesos territoriales en Argentina y Brasil**; Bertoncello, R. y A. F. A. Carlos (comp.), Buenos Aires: UBA/USP, p. 255-276.

RÍOS, D. (2002) **Vulnerabilidad, urbanizaciones cerradas e inundaciones en el Partido de Tigre, durante el período 1990- 2001**. Buenos Aires, 1 v. Tesis de licenciatura en Geografía. Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Mimeo.

RÍOS, D. (2004) **Vulnerabilidad social frente a inundaciones en el partido de Avellaneda**. Buenos Aires, Mimeo.

WILCHES- CHAUX, G. (1998) **Auge, caída y levantada de Felipe Pinillo, Mecánico y soldador o Yo voy a correr el riesgo**. Guía de la red para la gestión local del riesgo; Quito: La Red/ ITDG.

WYNNE, B. (1992) **Uncertainty and environmental learning**. Reconceiving science and policy in the preventive paradigm. Global Environmental Change. Butterworth – Heineman. Ltd.

A COMUNIDADE DE PRÁTICA DE RISCOS GEOLÓGICOS

EDUARDO SOARES DE MACEDO[1]
MARCELO FISCHER GRAMANI[1]
KÁTIA CANIL[1]

[1]IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas
Av. Prof. Almeida Prado, 532, São Paulo, SP CEP 05508-901
esmacedo@ipt.br, mgramani@ipt.br, canilkat@ipt.br

MACEDO, E. S.; GRAMANI, M. F.; CANIL, K. A comunidade de prática de riscos geológicos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 881-891. (CD-ROM)

RESUMO
Este artigo apresenta a Comunidade de Prática Riscos Geológicos, montada pelo IPT, com apoio da ABIPTI e aberta a todos os interessados no tema. Trata-se de um espaço virtual de encontro, discussão e disponibilização de materiais entre os membros da comunidade. Foi desenvolvida ferramenta de web para hospedar e gerenciar a comunidade, com várias funcionalidades dentre as quais notícias, eventos, biblioteca, links, fórum de discussão, perguntas e respostas e perfil de participantes. A comunidade, embora tenha um bom número de participantes, ainda conta com uma pequena interação entre seus membros. No texto se descreve formas de incentivar essa participação.
Palavras-chave: riscos geológicos, comunidade de prática, gestão do conhecimento

ABSTRACT
This paper presents the Community of Practice Geologic Risks. The community is organized by IPT, and sponsored by ABIPTI. It is opened to interested people in this question. It is a virtual ambient to meet, discuss and put on avaiable materials to all members of the community. The web tool has been developed to host and manage the community, with several functions as: news, events, libraries, links, forum of discussion, questions and answers, and the register of the members. Although the community is composed by a considerable number of members, their participation and change of experience is still irrelevant. This paper describes the ways to estimulate the members to join and participate in this virtual ambient.
Key-words: geologic risks, community of practice, knowledge management

1. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta a experiência da construção de uma Comunidade de Prática de Riscos Geológicos, implantada na homepage do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.

Segundo Wenger & Snyder (2000), as Comunidades de Prática (CdPs) consistem em pessoas que estão ligadas informalmente, assim como contextualmente, por um interesse comum no aprendizado e principalmente na aplicação prática. O termo também pode se referir às maneiras como as pessoas trabalham em conjunto ou se associam a outras naturalmente (Brown & Duguid, 1991).

Terra (2003) afirma que essas redes de trabalho podem se estender além dos limites de uma organização. Membros de CdPs podem fazer parte de um mesmo departamento, serem de diferentes áreas de uma companhia, ou até mesmo de diferentes companhias e instituições. Eles podem criar "clubes" semi-abertos, onde a participação se baseia nas relações de forte confiança e na contribuição que cada um traz para a comunidade ou rede.

2. A COMUNIDADE DE PRÁTICA RISCOS GEOLÓGICOS

O IPT decidiu iniciar a implantação da Gestão de Conhecimentos pela criação de uma Comunidade de Prática, por meio de um projeto-piloto patrocinado pela sua própria Diretoria Executiva. Numa instituição multidisciplinar, a primeira pergunta que teve que ser respondida foi sobre o tema desta primeira Comunidade. Muitos são os temas de atuação do IPT e houve uma discussão inicial na Diretoria para definir qual seria o mais apropriado. Alguns critérios nortearam esta discussão: o tema deveria congregar pesquisadores de várias áreas e deveria ter relevância interna e externa.

As dificuldades para a criação de uma Comunidade no IPT e que valem para qualquer instituição, passaram pela cultura organizacional, onde nem sempre o compartilhamento de informações é incentivado; o isolamento das equipes dentro de suas "caixinhas" no organograma da instituição; e a visão burocrática que dificulta mudanças do modo de atuação institucional.

O tema Riscos Geológicos congrega geólogos, geógrafos, engenheiros, arquitetos, tecnólogos, cartógrafos, dentre outros profissionais, tanto no IPT como externamente.

A Comunidade é formada por pesquisadores do IPT e outros interessados de diversas instituições públicas e privadas, tais como, institutos de pesquisa, universidades, órgãos públicos, cadeias produtivas, empresas, e atores sociais, que se interessam pelos conceitos e práticas de gestão do conhecimento. Suas atividades de caráter multidisciplinar e multi-institucional permitem o fortalecimento da comunidade por meio do compartilhamento da produção técnico-científica (pesquisas, publicações, relatórios técnicos, etc.), além de se constituir em espaço para discussão de questões de interesses específicos acerca do tema. Seu objetivo é permitir que os conhecimentos criados e/ou existentes nas instituições que desenvolvem projetos e pesquisas nesta área fiquem acessíveis à comunidade participativa, por meio de rápida obtenção de informações a partir de um sistema de Gestão do Conhecimento (GC), com utilização de ferramenta Web.

O sistema proporciona aos membros desta Comunidade:

- crescimento de possibilidades de inovação, de sinergia e o reaproveitamento de experiências e resultados; e
- compartilhamento rápido de artigos, links e referências diversas, de interesse da Comunidade.

3. A IMPLANTAÇÃO DA COMUNIDADE

Segundo Lucchesi et al. (2004), o projeto estabeleceu três etapas de trabalho: a definição do conteúdo inicial a ser disponibilizado, a taxonomia a ser adotada e a opção por uma ferramenta de informática, que foi viabilizada através de parceria com a ABIPTI - Associação Brasileira das Instituições de Pesquisas Tecnológicas, dentro do projeto Rede de Centros Especializados em Gestão Tecnológica, patrocinado pela Finep. A ABIPTI também estava desenvolvendo seu Portal do Conhecimento e houve a possibilidade de trabalho conjunto com o IPT na seleção da ferramenta mais adequada, no processo de customização e treinamento aos membros das Comunidades IPT e ABIPTI.

Foram realizadas várias reuniões da equipe do IPT e da ABIPTI, sempre buscando uma metodologia adequada e simples para os futuros participantes da comunidade. Destas reuniões participaram os profissionais das áreas de Riscos Geológicos, Gestão do Conhecimento e Gestão da Informação. Este trabalho decidiu o conteúdo da Comunidade, sua taxonomia e regras de funcionamento. Essas regras de funcionamento consistem em definir:

- Quem participa?
- Quem gerencia? O quê?
- Quem tem acesso? A quê?
- Quem publica? O quê?

Após várias pesquisas, foi encontrada uma empresa que desenvolveu software com as características requeridas e ficou responsável pela customização da ferramenta, adequando suas funcionalidades às demandas do IPT e da ABIPTI.

A ferramenta selecionada possui as seguintes características:

Nome: C-Register

Descrição: é uma ferramenta de gerenciamento de acesso às páginas que pode ser integrado a qualquer produto que necessite de um controle de acesso baseado em autenticação de usuários. Permite o cadastro de usuários, páginas de um site, funcionalidades que agrupam essas páginas, grupos de acesso a funcionalidades, e permite também associar usuários a grupos, permitindo assim um controle refinado de quais usuários podem acessar quais páginas.

Nome: C-Interactive

Descrição: Ferramenta de pesquisas de opinião on-line que permite a criação de enquetes. Estas enquetes podem estar associadas a qualquer seção de um web site para realizar pesquisas de opinião.

Nome: C-Library

Descrição: é uma ferramenta que permite armazenar de forma segura e organizada qualquer tipo de arquivo. A ferramenta utiliza todo o controle de acesso do C-Register. Ela está dividida em 2 módulos principais, onde um é responsável por receber os arquivos e armazená-los (back-end) e outro por realizar buscas e apresentá-los (front-end).

Nome: C-Forum

Descrição: é uma ferramenta para configuração de debates web sobre tópicos (temas) inseridos pelos administradores. É composta por dois módulos:

- Back-end: administra os dados da ferramenta, possibilitando a edição de categorias, subcategorias e exclusão/edição de assuntos e respostas indesejadas.
- Front-end: apresenta categorias, sub-categorias, assuntos e mensagens postadas pelos usuários. Usuários podem ou não criar novos assuntos, além de enviar mensagens que serão postadas nos fóruns.

Nome: C-Chat

Descrição: é uma ferramenta web para configuração e administração de salas virtuais pré-categorizadas, que através da identificação (nickname) do usuário e a respectiva escolha da categoria, possibilita a sua entrada em uma sala de conversação. As salas de conversação podem ser mediadas (para uso em entrevistas, por exemplo) ou livres. O administrador do Chat poderá configurar as categorias, tipos de salas (pública ou restrita), dentre outras configurações.

Nome: C-Score

Descrição: aproveitando-se do controle gerado pelo C-Register, registra, monitora e oferece relatórios para acompanhamento das ações dos usuários nas diversas ferramentas da solução.

Nome: C-Alert

Descrição: é uma ferramenta de alertas inteligentes, que envia mensagens (alertas) a partir de eventos associados a dados previamente cadastrados. Os alertas são mensagens enviadas por e-mail (podendo ser uma newsletter personalizada), SMS (celular).

Nome: C-Publisher

Descrição O C-Publisher é uma ferramenta que disponibiliza conteúdo na Web (através da construção de um site), para isto ela oferece uma série de padrões de apresentação do

conteúdo. É utilizada para administrar o conteúdo e layout, bem como definir o Workflow de publicação entre editores e jornalistas cadastrados no sistema. A criação de modelos de apresentação de conteúdo torna possível a formatação das páginas, as quais podem conter imagens e links. C-Publisher é o núcleo de integração das ferramentas de comunicação web.

Ainda na fase de elaboração do sistema que dá suporte ao funcionamento da Comunidade, foi feita a primeira divulgação deste trabalho no 1º Seminário Brasileiro de Habitação em Assentamentos Urbanos Precários, em Recife, em agosto de 2003. O lançamento oficial ocorreu no dia 8 de dezembro de 2003, com o cadastro e contribuição de vinte pesquisadores do IPT. Na mesma semana, foi realizado no IPT o I Seminário Brasileiro de Habitação e Encostas que contou com a participação de mais de 150 técnicos de todo território nacional, que atuam em diversas instituições de pesquisa, universidades, bem como nas esferas de governo, municipal, estadual e federal. O momento de realização do evento foi oportuno para o cadastro de novos membros. A Comunidade já contava no final de dezembro com 120 participantes com experiências e backgrounds diversos de todo o Brasil. Até 22 de junho de 2004 a Comunidade contava com 223 participantes. A comunidade está hospedada no site do IPT (http://www.ipt.br) (Figura 1) e em seu primeiro acesso, o participante deverá se cadastrar e, posteriormente, receberá as permissões de acesso dos moderadores (Figura 2).

4. A SITUAÇÃO DA COMUNIDADE

Terra (2003) afirma que as Comunidades de Prática só trazem resultados se houver a efetiva participação das pessoas. *Por isso, é preciso entender como as CdPs podem gerar benefícios para as pessoas que participam das mesmas. Embora a perspectiva mais óbvia é que as comunidades de mais sucesso têm um forte fator de "o que isso traz para mim" envolvido, é possível argumentar que inúmeras razões mais psicológicas também desempenham um importante papel para vários indivíduos.*

Dentre esses benefícios pode-se citar:

- Ambientes de aprendizado confiáveis e a oportunidade de entrar em contato com outros indivíduos com interesses, projetos, desafios, motivações similares;
- Aprender com especialistas e colegas mantendo-se atualizado;
- Melhorar os elos com colegas de outros locais e organizações;
- Desenvolver redes pessoais de longo prazo;

- Novos profissionais podem identificar rapidamente as principais fontes de conhecimento, pessoas importantes, experts e atuais prioridades institucionais;
- Ampliar a capacidade de resolução de problemas complexos, ao invés de depender apenas do próprio conhecimento.

Na busca de fazer com que a Comunidade alcance seus objetivos, os moderadores têm trabalhado na aplicação de alguns princípios, defendidos por Wenger et al. (2002) e Terra & Gordon (2002), que são:

- Manter o diálogo entre as perspectivas internas e externas à comunidade IPT;
- Convidar colegas para diferentes níveis de participação;
- Desenvolver espaços abertos e fechados para a comunidade;
- Manter um ritmo para a comunidade;
- Desenvolver e explicitar as regras de participação;
- Manter a comunidade funcionamento mesmo com baixa participação externa;
- Promover a comunidade onde for possível;
- Monitorar o nível de atividade e satisfação com a comunidade.

Nestes pouco mais de 6 meses de vida, a Comunidade de Prática Riscos Geológicos pode ser representada por:

- 24 notícias mostradas na página principal (Figura 3);
- 223 participantes dentre geólogos, engenheiros, arquitetos, geógrafos, meteorologistas, tecnólogos, advogados, professores universitários e de nível médio, profissionais de Defesa Civil, estudantes das mais diversas procedências (Figura 4);
- 2745 acessos;
- 70 documentos colocados à disposição dos participantes na Biblioteca (Figura 5);
- 94 dowloads de documentos da Biblioteca;
- 9 eventos noticiados (Figura 6);
- 24 homepages institucionais comentadas e com links diretos (Figura 7);
- 3 fóruns de discussão abertos (Figura 8);
- 4 Newsletter enviadas para todos os participantes.

Os moderadores consideram que a Comunidade ainda está aquém de suas possibilidades, principalmente considerando a pequena participação, mesmo com um bom número de membros.

5. CONCLUSÕES

A montagem de uma Comunidade de Prática é uma tarefa que deve ser tomada como política da instituição, já que exige dedicação de tempo de seus profissionais e investimento, principalmente em equipamentos de informática.

A Comunidade de Riscos Geológicos foi a primeira comunidade brasileira montada em um instituto de pesquisas e tem servido como modelo para novas experiências em outras instituições.

Embora conte com mais de duas centenas de membros, os moderadores consideram que a participação dessas pessoas ainda é pequena.

Em verdade, deve-se considerar que uma comunidade é um espaço virtual que está para ser preenchido com a colaboração e ativa participação de seus membros. Ela não é propriedade de uma instituição, mas se presta ao desenvolvimento de uma área do conhecimento.

6. BIBLIOGRAFIA

BROW, J. S.; DUGUID, P. (1991) **Organizational learning and communities of practice**: toward a unified view of working, learning and innovation. Organization Science, 2, p. 40-57.

LUCCHESI, D.; MACEDO, E. S.; CANIL, K.; GILLI Jr., M. R.; TERRA, J. C. C. (2004) **Gestão do Conhecimento**: como se constituiu uma Comunidade de Prática no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Anais do Congresso ABIPTI, CDRom.

TERRA, J. C. C. (2003) **Comunidades de Prática**: conceitos, resultados e métodos de gestão. TerraForum Consultores. http://www.terraforum.com.br (acesso em 9 de janeiro de 2004).

TERRA, J. C. C.; GORDON, C. (2002) **Portais Corporativos**: a revolução na gestão do conhecimento. Negócio Editora: São Paulo.

WENGER, E. C.; SNYDER, W. M. (2000) **Communities of Practice**: the organizational frontier. Harvard Business Review, jan-fev., p. 139-145.

WENGER, E. C.; SNYDER, W. M.; MCDERMOTT, R. (2002) **Cultivanting communities of practice**: a practitioner´s guide to building knowledge organization. Harvard Business School Press Book.

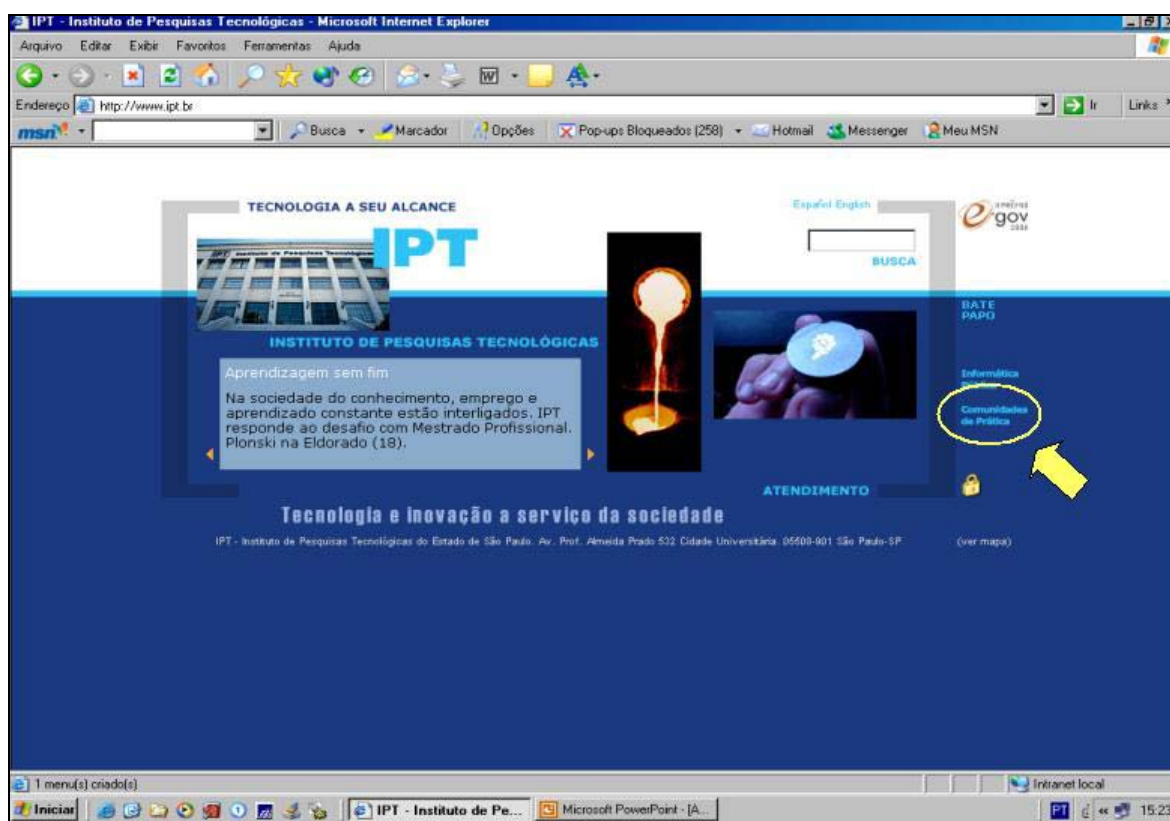



Figura 1 - Localização da Comunidade na homepage do IPT.

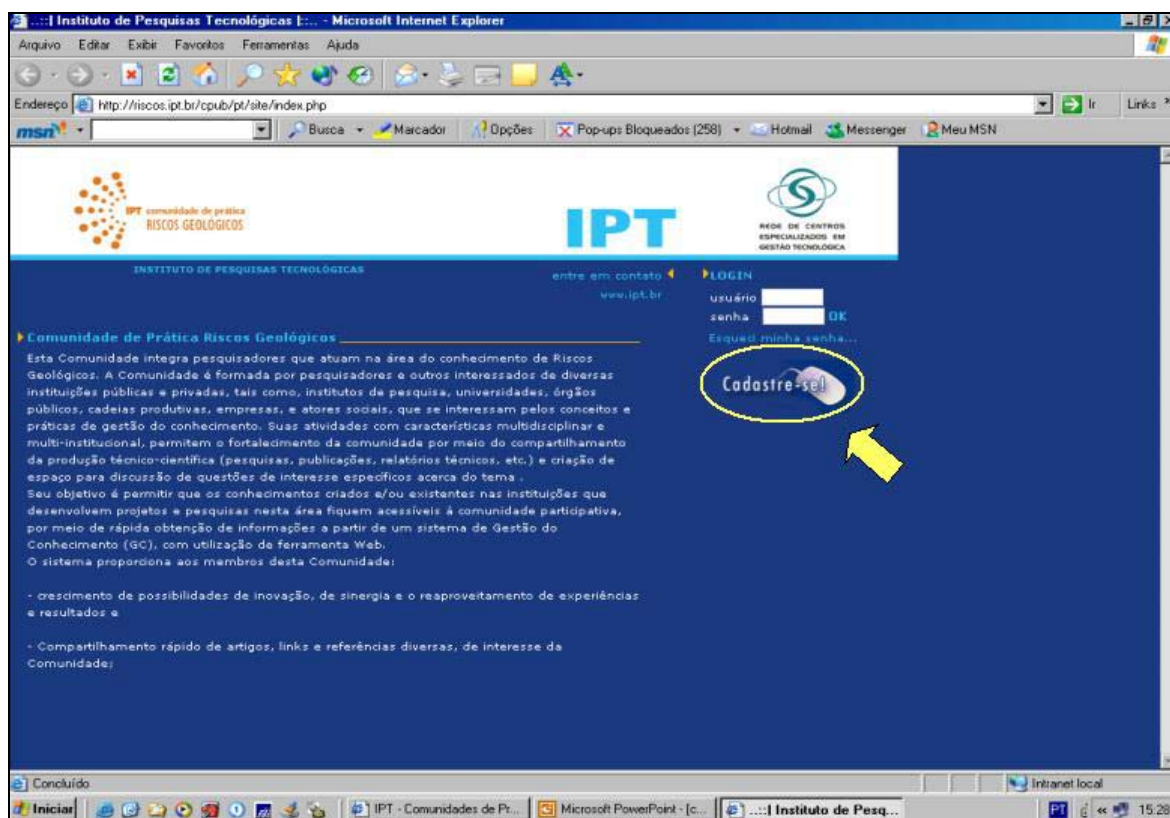



Figura 2 – Tela com as opções de login ou cadastro inicial.

Figura 3 – Página principal da Comunidade com as notícias e menu de conteúdos.

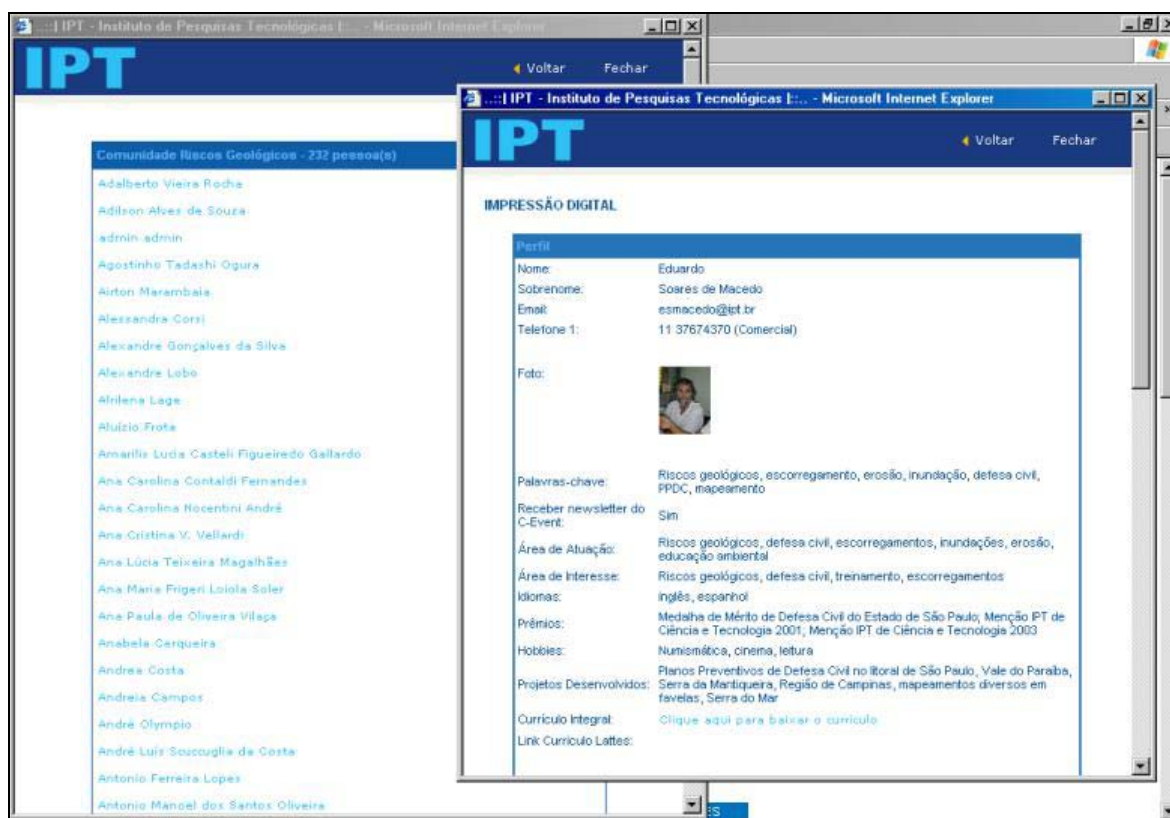



Figura 4 – Lista de participantes e um exemplo de cadastro.

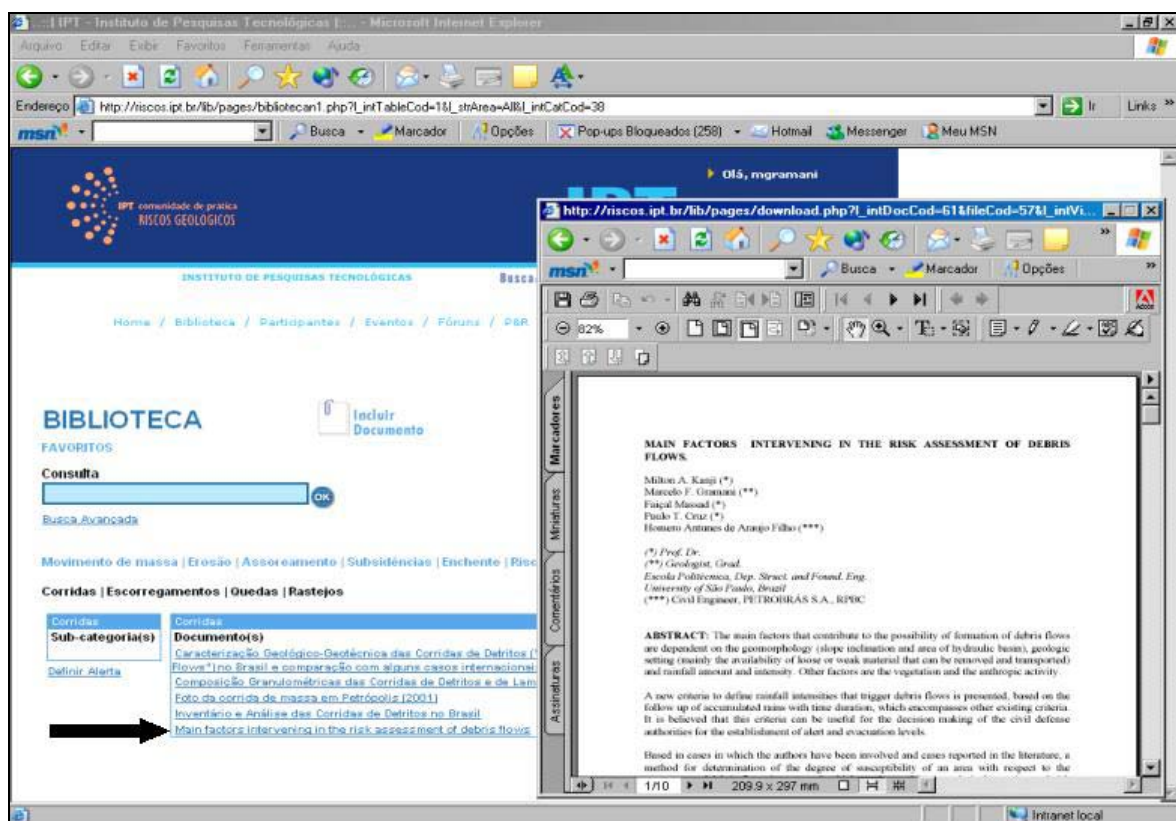



Figura 5 – Página de acesso à Biblioteca e exemplo de documento para dowload.

Figura 6 – Página com os eventos cadastrados.

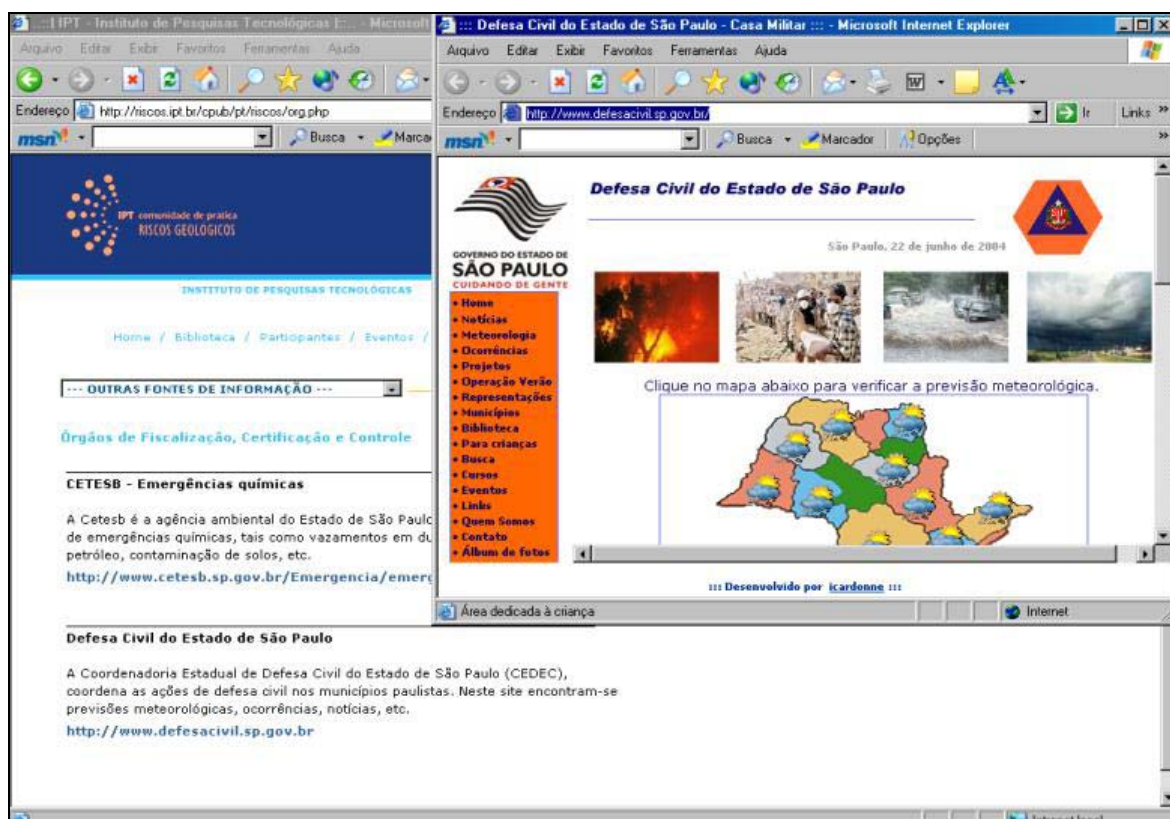



Figura 7 – Lista com homepage comentadas e links para acesso rápido.

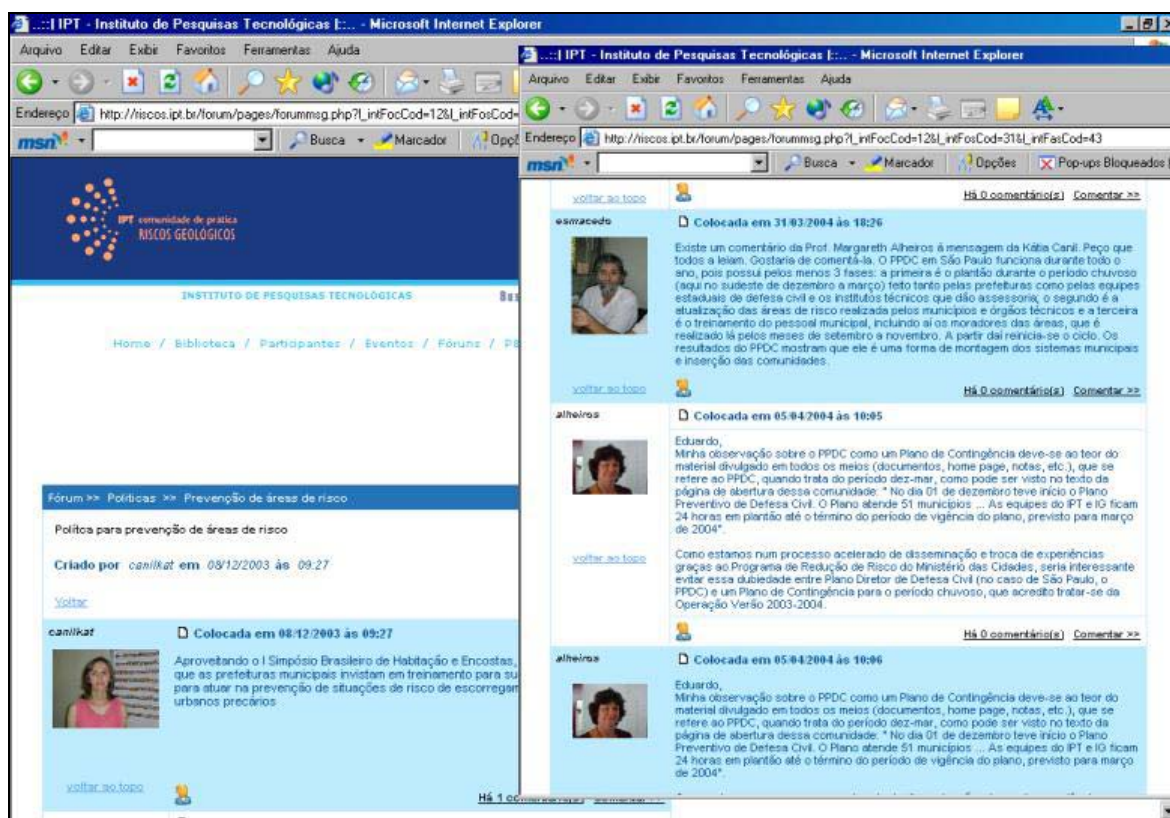



Figura 8 – Aspecto da página dos Fóruns de discussão.

MODELOS DE FICHAS DESCRITIVAS PARA ÁREAS DE RISCO DE ESCORREGAMENTO, INUNDAÇÃO E EROSÃO

EDUARDO SOARES DE MACEDO[1]
AGOSTINHO TADASHI OGURA[1]
KÁTIA CANIL[1]
GERSON SALVIANO ALMEIDA FILHO[1]
MARCELO FISCHER GRAMANI[1]
FABIANA CHECCHINATO SILVA[1]
ALESSANDRA C. CORSI[1]
FABRÍCIO ARAÚJO MIRANDOLA[1]

[1]IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
Av. Prof. Almeida Prado, 532, São Paulo, SP, CEP 05508-901
{esmacedo,atogura,canilkat,gersaf,mgramani,fabiana,accorsi,fabrício}@ipt.br

MACEDO, E. S.; OGURA, A. T.; CANIL, K.; ALMEIDA FILHO, G. S.; GRAMANI, M. F.; SILVA, F. C.; CORSI, A. C.; MIRANDOLA, F. A. Modelos de fichas descritivas para áreas de risco de escorregamento, inundação e erosão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 892-907. (CD-ROM)

RESUMO
Este artigo apresenta modelos de fichas de cadastro de áreas com risco de escorregamentos, erosão e inundação. Estas fichas foram sendo desenvolvidas pelas equipes do IPT ao longo de vários trabalhos e com a contribuição de experiências de outras equipes.
Palavras-chave fichas de cadastro, escorregamento, erosão, inundação.

ABSTRACT
This paper presents three examples of sketchs that has been used by IPT technical staff. This sketchs include landslides, erosion and flood process and their relation to the land use and prone areas.
Key-words sketch, landslide, erosion, flood.

1. INTRODUÇÃO

No Estado de São Paulo, os acidentes relacionados a processos naturais têm ocorrido de forma freqüente, com altos prejuízos econômicos e sociais, em virtude da intensa ocupação desordenada do espaço urbano.

Acidentes vitimando pessoas em áreas de risco de escorregamentos, nas cidades da Grande São Paulo e nos municípios litorâneos; as devastadoras enchentes do Vale do Ribeira e da Região Metropolitana de São Paulo; as erosões aceleradas manifestadas na forma de grandes boçorocas, tanto em áreas rurais quanto nas urbanas, no interior paulista; são alguns exemplos dos tipos de acidentes naturais.

A proposta deste trabalho é de apresentar três modelos de fichas de informação para serem preenchidas ao longo dos trabalhos de campo: Ficha de Caracterização de Áreas de Risco de Escorregamentos, Ficha de Cadastro de Erosão e Ficha de Caracterização de Áreas de Risco de Inundação. Estas fichas estão sendo atualmente utilizadas nos

levantamentos realizados pelo IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológicas), visando a padronização dos dados obtidos em campo e alimentação de um banco de dados

2. CADASTRAMENTOS DE RISCO

Usualmente cadastramento tem o significado que lhe deu Cerri & Amaral (1998) como sendo a representação da distribuição do risco geológico, na carta de risco, "no qual são plotados os pontos notáveis sujeitos a risco...", com grau de risco, documentação sobre processos geológicos e possíveis danos, croquis esquemáticos e fotografias locais.

A distribuição do risco geológico é obtida através de levantamentos de campo onde a base é uma ficha contendo uma espécie de "check list", com as informações e parâmetros referentes ao processo estudado.

Cerri (1993) já mencionava que a utilização de fichas elaboradas exclusivamente para sistematizar as observações de campo e para registrar os resultados das vistorias é sempre recomendável.

Com referência aos cadastros de escorregamentos, o Working Party on World Landslide Inventory (WP/WLI), da ONU, é um grupo que congrega representantes das associações internacionais científicas que tratam do tema. Este grupo, durante a vigência da Década Internacional de Redução de Desastres Naturais – DIRDN, propôs um formulário de cadastros (WP/WLI, 1990). Um exemplo de preenchimento deste cadastro pode ser visto em WP/WLI (1991). Esse mesmo grupo publicou os métodos para descrever o grau de atividade (WP/WLI, 1993a) e para levantamento das causas dos escorregamentos (WP/WLI, 1994).

Existem vários exemplos de fichas de cadastro. Macedo (1992) publicou o cadastramento de riscos de escorregamentos em área da cidade de Guaratinguetá. Este cadastramento permitiu a distribuição do risco em uma planta do bairro e o estabelecimento de prioridades de atuação por parte da Prefeitura Municipal.

Macedo et al. (1993) apresentaram levantamento realizado em São Sebastião (SP), também utilizando ficha de cadastro (IPT, 1992). Este cadastramento foi realizado em área de baixa renda sujeita a movimentos de massa tipo escorregamentos de cortes e aterros, planares, circulares e queda e rolamento de blocos e visava o levantamento de problemas e sua priorização.

IPT (1996) realizou zoneamento de risco de escorregamentos em área de risco no município de Jundiaí e utilizou uma ficha de vistoria de campo, mais completa que as mencionadas anteriormente.

No final do ano de 2000, o IPT realizou extenso cadastro das áreas de risco de escorregamentos nos municípios do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira, no Estado de São Paulo (IPT, 2000). Embora não constasse da ficha, o resultado obtido levou em consideração a expectativa de danos às moradias, conforme dados levantados.

Em 2003, o IPT fez o levantamento de áreas com risco de escorregamentos, erosão e inundações em 90 cidades da região administrativa de Campinas. Nesse trabalho, foram utilizadas 3 fichas de cadastro, uma para cada processo, que, com algumas pequenos aperfeiçoamentos, são apresentadas neste artigo.

A seguir serão abordados os processos do meio físico objeto desses levantamentos. A sua descrição é importante para se entender quais são as informações que devem ser coletadas, por meio das fichas, e que são importantes para o perfeito entendimento desses processos e sua interação com a ocupação.

3. OS PROCESSOS DO MEIO FÍSICO

3.1. Movimentos de massa

Os movimentos de massa, ou seja, escorregamentos e processos correlatos estão diretamente relacionados à dinâmica das vertentes. Augusto Filho (1992) classifica tais movimentos em quatro grandes grupos: rastejos (*creep*), escorregamentos *stricto sensu* (*slides*), quedas (*falls*) e corridas (*flows*).

Os rastejos são deslocamentos lentos e progressivos do solo, induzidos pela alta declividade do terreno.

Os escorregamentos são processos rápidos, que podem ser de formas diferentes em função do tipo de solo e rocha, do relevo, etc. Os tipos de escorregamentos são definidos em função de sua forma e tamanho, bem como o tipo de material (solo, rocha) que foi mobilizado. As formas mais comuns são os escorregamentos planares, os circulares e em cunha.

As corridas são fenômenos catastróficos decorrentes de chuvas muito intensas, que provocam a mobilização de solo, rocha, detritos, etc. ao longo das drenagens. Grandes volumes de material são transportados como um líquido viscoso, podendo ter grandes deslocamentos com velocidade elevada.

As quedas de blocos ocorrem nos paredões rochosos, deslocando lascas, blocos, placas, etc. com velocidades muito altas, mas, normalmente, o material removido tem pouco volume.

Assim sendo, como já havia observado Cerri (1993), a ficha de cadastro completa deveria contemplar os seguintes aspectos: perfil do solo; condicionantes estruturais; tipologia dos taludes (natural, corte, aterro); declividades das encostas e taludes; ocorrência de fendas de tração nos terrenos e nas moradias; ocorrência de degraus de abatimento; ocorrência de árvores, postes ou muros inclinados ("embarrigados"); presença de lixo e entulho depositados; situação das águas servidas e esgotos; situação das águas pluviais; situação dos sistemas de drenagem e redes de abastecimento de água; tipologia da vegetação, inclusive cultivos; análise da proximidade das moradias em relação à base ao topo de taludes; análise da tipologia das construções.

Destaca-se a grande quantidade de aspectos de origem antrópica.

Collet et al. (1997) descrevem método para estudo de risco geotécnico em favelas do Rio de Janeiro. O método propõe cadastramento de risco, mapeamento de risco e análise de risco. Afirma que para o cadastramento de risco foi desenvolvida uma ficha com quatro campos, a saber: geometria da situação de risco, apresentando a forma do talude, através de planta de situação em relação às moradias e de seções transversais; descrição das ocorrências geotécnicas localizadas (escorregamentos, desplacamentos, erosões superficiais, trincas no topo dos taludes, abatimentos no topo dos taludes, blocos de rocha e afloramentos de água) e das ocorrências antrópicas (aterros, vias de acesso, lixo ou entulho, tubulações de esgoto ou canaletas de drenagem danificados, contenções, poços de água e fossas sépticas); perfil geotécnico identificando as camadas de solo nos taludes; e avaliação pessoal e preliminar de risco, onde através dos critérios estabelecidos localizam-se as áreas críticas.

Macedo (2001) e Macedo (2002) propôs um roteiro de vistoria visando o cadastro de risco em situações emergenciais, com público-alvo formado por não especialistas, onde foram contemplados os parâmetros mais importantes para a realização da avaliação, dentre aqueles listados pelo meio técnico, conforme os trabalhos mencionados anteriormente.

Estes parâmetros foram: tipologia da moradia, dos taludes e dos materiais; geometria do local (inclinação da encosta e distâncias da moradia); situação das águas servidas e pluviais; situação da vegetação; sinais de movimentação; tipologia dos processos esperados ou já ocorridos.

Com estes parâmetros foi proposta uma escala de risco simplificada tendo em vista o usuário do roteiro. A proposta de roteiro de cadastro emergencial de risco de escorregamentos, foi feita na forma de 10 passos que, se seguidos, deverá permitir ao usuário a conclusão sobre o grau de risco da situação em análise. É importante observar

que esse cadastro foi proposto para uso de pessoas que não tenham necessariamente formação técnica em geologia ou engenharia.

2.2. Erosão

A abordagem da erosão pluvial é iniciada pela consideração do desprendimento das partículas do solo pela ação do impacto das gotas de chuva. Havendo condições favoráveis ao escoamento superficial ocorre o transporte das partículas desprendidas por escoamento difuso ou concentrado. O escoamento difuso é aquele responsável pela erosão laminar, enquanto o escoamento concentrado caracteriza o processo de erosão linear.

A erosão linear instala-se a partir do momento em que a velocidade do fluxo superficial vence a resistência mecânica do solo e consegue fazer incisões no terreno.

A intensificação das chuvas leva à concentração do escoamento superficial. O escoamento deixa de ser laminar e uniforme, concentrando-se em filetes, onde a velocidade da água é maior. A concentração do escoamento tende a ocorrer em linhas preferenciais persistentes dando origem aos sulcos e outras feições lineares de maior porte, como as ravinas e as boçorocas, que compõem o conjunto de feições desenvolvidas pela erosão linear.

Constituem fatores condicionantes do desenvolvimento da erosão linear o substrato rochoso, o relevo, os tipos de solo e ação da chuva, que são potencializados pelas intervenções que induzem ao escoamento d'água concentrado. A esses fatores deve ser agregado ainda o comportamento da água subterrânea.

A erosão linear manifesta-se na forma de sulcos, ravinas e boçorocas. Sulcos e ravinas são normalmente diferenciados pela profundidade da incisão.

As ravinas correspondem a uma feição erosiva de grande porte, geralmente com mais de meio metro de profundidade, na qual não atua apenas o mecanismo do desprendimento e transporte de partículas do solo, mas também movimentos de massa, correspondentes aos deslizamentos dos taludes. São normalmente de forma alongada mais compridas do que largas, e com profundidades variáveis, mas, normalmente, inferiores a uma dezena de metros, não chegando a atingir o lençol freático. Raramente ramificadas, possuem, freqüentemente, um perfil transversal com forma de um V.

As boçorocas têm, em geral, um porte maior que as ravinas; entretanto, a principal diferença entre os dois tipos está no mecanismo dos processos de desenvolvimento. Nas boçorocas, a erosão não é provocada somente pela ação da água superficial, mas também pelo escoamento subterrâneo, que se traduz pela manifestação de mecanismos mais

complexos. Segundo Vieira (1978) “embora, no sentido amplo, possamos considerar as boçorocas como ravinas, na realidade esses dois termos devem ser diferenciados, pois cada um apresenta as suas características próprias... “enquanto o ravinamento se processa em função apenas da erosão superficial”... “as boçorocas formam-se tanto devido à erosão superficial como à erosão subterrânea”.

O papel da água subterrânea compreende diversos mecanismos ou processos que intensificam a erosão, como a liquefação das areias, que instabiliza os taludes, e, em especial, dado seu poder erosivo, em intensidade e em extensão, o fenômeno da erosão interna regressiva dos solos, ou entubamento “piping”.

O IPT vem realizando mapeamento de erosões sistematicamente desde o início da década de 1980, principalmente a partir do Convênio com o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Todos os municípios do estado de São Paulo foram visitados e tiveram suas erosões urbanas cadastradas. Em 2003, as equipes dessa instituição vistoriaram as cidades da região administrativa de Campinas (90 cidades). As fichas de cadastro utilizadas nos levantamentos para o DAEE foram sendo aperfeiçoadas ao longo do tempo e sua versão mais atual é apresentada neste artigo.

2.3. Enchentes/Inundações

As águas das chuvas ao alcançar um curso d’água, causam o aumento na vazão por certo período de tempo. Este acréscimo na descarga d’água, recebe o nome de cheia ou enchente. Por vezes, no período de enchente, as vazões atingem tal magnitude que podem superar a capacidade de descarga da calha do curso d’água e extravasar para áreas marginais habitualmente não ocupadas pelas águas. Esse extravazamento caracteriza uma inundação e a área marginal, que periodicamente recebe esses excessos de água, denomina-se leito maior, planície de inundação de um rio, ou ainda, várzea.

Os condicionantes naturais climáticos, geológicos e geomorfológicos de um dado local são determinantes na ocorrência de processos de enchentes e inundações. Por outro lado, a freqüência, magnitude e os fatores predisponentes dos acidentes de enchentes têm também, muitas vezes, uma profunda relação com a forma e intensidade das intervenções antrópicas realizadas no meio físico.

Os processos de enchente e inundação apresentam diferentes características dinâmicas, as quais dependem muitas vezes das características do relevo e da conformação geológica e geomorfológica de uma dada bacia. São eles: inundações extensas em áreas de

baixada; enchentes com alta energia de escoamento; enchentes com alta carga de material sólido.

Ao longo de cursos d'água em vales encaixados ou espremidos pela ocupação marginal, enchentes violentas, com alta velocidade de escoamento podem produzir forças hidrodinâmicas capazes de causar acidentes destruindo moradias situadas no leito menor, junto aos barrancos dos rios, por ação direta das águas, ou por erosão e conseqüente solapamento das margens dos rios. Enchentes com alta energia cinética e poder erosivo e de impacto, são processos ocorrentes principalmente nas áreas de domínio serrano e montanhoso, em bacias hidrográficas que permitem rápida concentração e altos valores de vazão.

Em enchentes de alta energia cinética a água pode transportar elevada carga de material sólido (sedimentos de diferentes granulometrias e detritos vegetais) por saltação, suspensão, rolamento e arraste. São processos que ocorrem principalmente no ambiente de relevos montanhosos e, em razão da presença de muito material sólido, o fenômeno adquire poder destrutivo maior do que aquele descrito anteriormente.

Os cadastramentos de áreas de enchentes e inundações realizados pelo IPT mais recentemente, foram o das 90 cidades da região administrativa de Campinas e das 35 cidades do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira. Esse modelo de ficha de cadastro é o apresentado neste artigo.

3. Desenvolvimento das fichas

O cadastro de riscos é um instrumento que permite determinar a potencialidade de ocorrência de acidentes, através de vistorias realizadas em campo objetivando identificar as situações de risco. As fichas de campo utilizadas nas vistorias para cadastramento devem conter os aspectos a serem analisados ("*check list*"), e permitir ao profissional uma conclusão quanto aos riscos a que está sujeita a área analisada. Não existe uma ficha que possa ser padrão para qualquer situação. Como as fichas são voltadas para os processos e estes variam de acordo com condicionantes naturais e antrópicos, é de se esperar que cada área tenha suas especificidades contidas em sua própria ficha de cadastro.

A Ficha de Caracterização de Áreas de Risco de Escorregamento (Figura 1) apresenta a localização e tipo de ocupação em determinada unidade de análise como encostas, baixadas ou talvegues

Em primeiro lugar são determinadas as características da área analisada quanto ao tipo de "relevo" (encostas naturais, taludes de corte e de aterro, paredes rochosas),

declividades, alturas e distância da moradia, depósitos de encosta como solo, lixo e entulho, presença de matacões.

Na caracterização da situação das águas pluviais e servidas deve ser considerado a ocorrência de concentração de água de chuva em superfície, sistema de drenagem superficial, vazamento de tubulação, lançamentos de águas servidas em superfície, fossa e surgência d'água.

A presença ou não de evidências de movimentação deve ser identificada e determinada (trincas, muros e paredes embarrigados, cicatrizes, degraus de abatimento, árvores, postes e muros inclinados, feições erosivas em talude e erosão das margens), já que são os mais importantes aspectos para a determinação do grau de risco.

A Ficha de Cadastro de Erosão (Figura 2) apresenta a localização, as características fisiográficas locais: bacia hidrográfica, geologia, geomorfologia, e pedologia.

Também são caracterizados os dados geométricos das boçorocas como o comprimento, profundidade média, largura média e volume, bem como as características da área de contribuição, com a determinação da área, do comprimento da rampa da vertente e sua declividade (da cabeceira). Numa segunda etapa, são descritas a dinâmica e fenomenologia do processo, as medidas de combate e desempenhos, as previsões de evolução e os níveis de criticidade. Também são apresentados os croquis e a interação com área urbana.

A Ficha de Caracterização de Áreas de Risco de Inundação (Figura 3) é subdividida em duas partes. A primeira apresenta os dados gerais de localização da área, as características de uso e ocupação, características do canal e intervenções realizadas a área de influência da drenagem. A segunda parte apresenta os eventos de inundação ocorridos, o diagnóstico dos problemas, observações relevantes, croquis e fotos.

As características de uso e ocupação envolvem a identificação das condições das vias (pavimentada, não pavimentada e mista), sendo importante para caracterização de área fonte de sedimentos para o canal. Se a área apresenta ou não sistema de drenagem, se este se encontra obstruído ou não, se existe rede de esgoto. Deve ser verificado o entorno da área observando a ocorrência de áreas com solo exposto, lixão, aterro, existência de vegetação e pontos de erosão. Outro fator importante é a caracterização da ocupação no entorno, com a determinação da densidade de ocupação, distância do canal e o tipo de moradia (madeira, alvenaria ou mista).

Para a caracterização do canal deve-se determinar o tipo do canal (natural, retificado, retilíneo ou sinuoso), o tamanho da lâmina d'água e a altura do talude marginal

e das cheias, a existência de mata ciliar, pontos de assoreamento, captação de água, lixo e solapamento de margem, e a presença de intervenções como diques, barragem, piscinão, pontes, canalizações e travessias.

O segundo grupo de observações envolve o levantamento dos eventos ocorridos obtendo a data, a altura, distância do canal principal e dados de chuva. É importante anotar a fonte das informações (morador, prefeitura, defesa civil).

4. CONCLUSÃO

A utilização de fichas de cadastro pretende pelo menos a homogeneização da coleta dos dados, manutenção de arquivos, que podem se transformar em bancos de dados e a possibilidade de análise histórica dos eventos.

Como já mencionado cada processo deve ter sua ficha especialmente desenvolvida e para cada área podem ser necessárias adaptações.

É importante ressaltar que o uso de uma ficha pressupõe conhecimento dos processos e clareza de critérios por parte das equipes de trabalho. Assim, trata-se de trabalho coletivo e que envolve conhecimentos teóricos e práticos.

5. BIBLIOGRAFIA

AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilisação de encostas: uma proposta metodológica. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1, 1992, Rio de Janeiro. **Anais**...Rio de Janeiro: ABMS/ABGE, 1992. p. 721-733.

CERRI, L.E. da S. 1993. **Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes**. Rio Claro. 197p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

CERRI, L. E. da S., AMARAL, C.P. 1998. Riscos Geológicos. In: OLIVEIRA, A M. dos S., BRITO, S. N. A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE/CNPq/FAPESP. cap.18, p.301-310.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1992. **Análise e zoneamento de risco a movimentos de massa no Bairro da Topolândia, São Sebastião - SP**. São Paulo: IPT. (Relatório, 30 154).

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1996. **Cadastramento de risco de escorregamentos e concepção de obras de estabilização em núcleo de submoradias Jardim São Camilo, Jundiaí, SP**. São Paulo: IPT. (Relatório, 34 146).

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2000. **Levantamento de áreas de risco de escorregamento nos municípios do Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira, SP**. São Paulo: IPT. 3v. (Relatório, 49 045).

MACEDO, E.S. de. 1992. Zoneamento e cadastramento de risco a escorregamento em bairro do município de Guaratinguetá, Estado de São Paulo, Brasil. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 2, 1992, Pereira (Colômbia). **Anais**... Pereira: CARDER/ INGEOMINAS/ EAFIT/ AGID/ IUGS/ IAEG/ ONAD. v.1, p.199-205.

MACEDO, E. S. 2001. Elaboração de cadastro de risco iminente relacionado a escorregamentos: avaliação considerando experiência profissional, formação acadêmica e subjetividade. Rio Claro, 2001. 276 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

MACEDO, E. S. 2002. Roteiro de cadastro de risco de áreas com escorregamentos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 10, 2002, Ouro Preto (MG). Anais...Ouro Preto: ABGE, 2002, CD-Rom.

MACEDO, E.S. de et al. 1993. Análise e zoneamento de risco a movimentos de massa em encostas ocupadas afetadas pela construção de depósitos subterrâneos de GLP, em São Sebastião - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7, 1993, Poços de Caldas. **Anais**... Poços de Caldas: ABGE. v.2, p.185-190.

VIEIRA, N. M. **Estudo geomorfológico das boçorocas de Franca – SP.** 1978. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

WP/WLI - UNESCO WORKING PARTY FOR WORLD LANDSLIDE INVENTORY. 1990. A suggested method for reporting a landslide. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, n.41, p.5-12, apr.

WP/WLI - UNESCO WORKING PARTY FOR WORLD LANDSLIDE INVENTORY. 1991. A suggested method for a landslide summa ry. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, n.43, p.101-110, apr.

WP/WLI - UNESCO WORKING PARTY FOR WORLD LANDSLIDE INVENTORY. 1993a. A suggested method for describing the activity of a landslide. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, n.47, p.53-57, apr.

WP/WLI - UNESCO WORKING PARTY FOR WORLD LANDSLIDE INVENTORY. 1994. A suggested method for reporting landslide causes. **Bulletin of the International Association of Engineering Geology**, n.50, p.71-74, oct.

IPT
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO

LOCALIZAÇÃO

Município: | Nº Ficha:
Bairro | Acesso:
Coord. N: | Coord. E:
Tipos predominantes de construção: ☐ alvenaria ☐ madeira ☐ outras:

UNIDADE DE ANÁLISE

☐ encosta ☐ baixada ☐ talvegue Detalhe:

CONDICIONANTES

☐ Encostas Naturais
altura máxima m inclinação: °
Cobertura Superficial: ☐ colúvio ☐ residual ☐ outras

☐ Taludes de corte
altura máxima: m inclinação: °
Material predominante ☐ solo residual ☐ colúvio ☐ solo saprolítico ☐ rocha alterada ☐ outros
☐ Estruturas planares desfavoráveis à estabilidade

☐ Taludes de aterro
altura máxima: m inclinação: ° observação:

☐ Parede rochosa
altura máxima: m inclinação: ° tipo de estrutura:

☐ Depósito de encostas
Material Presente: ☐ sol ☐ lix ☐ entulho ☐ outros:

☐ Matacões

☐ Drenagens naturais

☐ Outros

EVIDÊNCIAS DE MOVIMENTAÇÃO

☐ trincas (moradia/terreno) ☐ degraus de abatimento ☐ erosão de margens
☐ muros e paredes embarrigados ☐ árvores, postes, muros inclinados
☐ cicatrizes de escorregamento ☐ feições erosivas em talude
Época e dimensão:
Outras:

ÁGUA

☐ concentração de água de chuva em superfície ☐ lançamento de águas servidas em superfície
☐ sistema de drenagem superficial ☐ fossa
☐ vazameno de tubulação ☐ surgência d'água

PROCESSO DE INSTABILIZAÇÃO

☐ escorregamentos em encosta natural ☐ escorregamento em depósito de encosta
☐ escorregamento em aterro ☐ escorregamento em maciço natural (talude de corte)
☐ queda de blocos ☐ rolamentos de blocos
☐ corrida ☐ erosão
outros:

Figura 1 – Ficha de cadastro de áreas com risco de escorregamentos (duas páginas)

IPT
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Ficha de cadastro de erosão — Relatório

1. Identificação e localização da erosão	município
Nome:	Bairro/distrito:
Acesso:	

2 Dados regionais	
Bacia hidrográfica:	Geomorfologia:
Geologia:	Pedologia:

3. Dados geométricos da boçoroca			
comprimento	profundidade média(m)	largura média (m)	volume (1000 m3)

4. Características da área de contribuição		
área de contribuição (ha):	comprimento de rampa da vertente (ha da cabeceira:	declividade da vertente (%) da cabeceira:

5. Interação da erosão com a área urbana

6. Identificação da ficha				
referência		coord. EO	criticidade	nº do cadastro
equipe	data	coord. NS	folha topográfica	

7. Dinâmica - fenomenologia

Figura 2 – Ficha de cadastro de áreas com erosão (2 páginas)

IPT
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

8. Medidas de combate - desempenho

9. Previsões de evolução e nível de criticidade

IPT
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE INUNDAÇÃO

LOCALIZAÇÃO

Município: | Data: | Nº da Ficha: 0
Equipe IPT
Prefeitura | DAEE
Bairro | Acesso:
Coord. N 0 | Coord. E 0 | Carta
Bacias/Córregos

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA (uso e ocupação)

Condição das vias: ☐ pavimentada ☐ não pavimentada ☐ mista | outros:
Sistema de drenagem: ☐ S ☐ N ☐ obstruída ☐ rede de esgoto | outros:
Cobertura: ☐ solo exposto ☐ vegetação ☐ lixão ☐ aterro
Descrição:
Pontos de erosão ☐ descrição:
Densidade de ocupação (ver Tab. A): ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 descrição:
Moradias (do canal) ☐ madeira ☐ alvenaria ☐ mista | Distância do canal: m | Nº de moradias:

CARACTERÍSTICAS DO CANAL

Tipo de canal: ☐ natural ☐ retifcado ☐ retilinio ☐ sinuoso | descrição:
Lâmina d'água: m | Largura: m | Altura do talude marginal: m | Altura das cheias: m
Descrição:

☐ Mata ciliar:
☐ Assoreamento:
☐ Captação de água:
☐ Lixo e entulho:
☐ Solapamento de margem:

Identificação da situação de:
MONTANTE:
JUSANTE:

INTERVENÇÕES NA ÁREA

☐ Diques ☐ Barragem ☐ Piscinão ☐ Pontes ☐ Canalizações ☐ Travessias | Órgão Responsável:
Descrição:

EVENTOS

Data: | Altura: m | Distância do canal principal: m | Chuva:
Fonte: ☐ morador ☐ prefeitura ☐ defesa civil | outros:

Data: | Altura: m | Distância do canal principal: m | Chuva:
Fonte: ☐ morador ☐ prefeitura ☐ defesa civil | outros:

Data: | Altura: m | Distância do canal principal: m | Chuva:
Fonte: ☐ morador ☐ prefeitura ☐ defesa civil | outros:

Data: | Altura: m | Distância do canal principal: m | Chuva:
Fonte: ☐ morador ☐ prefeitura ☐ defesa civil | outros:

Data: | Altura: m | Distância do canal principal: m | Chuva:
Fonte: ☐ morador ☐ prefeitura ☐ defesa civil | outros:

Figura 3 – Ficha de cadastro de áreas com risco de inundação (2 páginas)

IPT
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE INUNDAÇÃO

DIAGNÓSTICO

OBSERVAÇÕES GERAIS

TABELA A: CATEGORIAS DE OCUPAÇÃO.
1 - ÁREA CONSOLIDADA: áreas densamente ocupadas, com infra-estrutura básica.
2 - ÁREA PARCIALMENTE CONSOLIDADA: áreas em processo de ocupação, adjacentes a áreas de ocupação consolidada. Densidade de ocupação de 30% a 90%. Razoável infra-estrutura.
3 - ÁREA PARCELADA: áreas de expansão, periféricas e distantes de núcleo urbanizado. Baixa densidade de ocupação (até 30%). Desprovidas de infra-estrutura básica.
4 - ÁREA MISTA: caracterizar a área quanto a densidade de ocupação e quanto a implantação de infra-estrutura.

PLANO PREVENTIVO DE DEFESA CIVIL (PPDC) PARA DESLIZAMENTOS, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

EDUARDO SOARES DE MACEDO[1]
JAIR SANTORO[2]
REGINA ELSA ARAÚJO[3]

[1]IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas
Av. Prof. Almeida Prado, 532, São Paulo, SP, CEP 05508-901
[2]IG – Instituto Geológico
Av. Av. Miguel Stéfano, 3.900, São Paulo, SP, CEP 04301-903
[3]REDEC – Coordenadoria Regional de Defesa Civil da Baixada Santista
Av. São Francisco, 128, Santos, SP, CEP 11013-200
esmacedo@ipt.br; jsantoro@igeologico.sp.gov.br

MACEDO, E. S.; SANTORO, J.; ARAÚJO, R. E. Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) para deslizamentos, Estado de São Paulo, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 908-919. (CD-ROM)

RESUMO
Este artigo apresenta o Plano Preventivo de Defesa Civil específico para escorregamentos. Esse Plano é operado em 51 cidades do estado de São Paulo, que se localizam na Baixada Santista, Litoral Norte, Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e regiões de Campinas, Sorocaba e ABCD. O sistema tem como pressuposto a chuva como principal agente deflagrador. A partir daí, as correlações chuva x escorregamentos foram montadas obtendo-se valores acumulados em 3 dias que variam entre 80 e 120mm dependendo da região. A partir do acompanhamento desse parâmetro, as equipes realizam vistorias nas áreas de risco à procura de indícios de instabilidade das encostas e taludes. A ocorrência desses indícios deflagra a remoção preventiva e temporária da população afetada. O sistema tem apresentado bons resultados, desde a sua implantação em 1988.

ABSTRACT
This paper presents the Civil Defense Preventive Plan for landslides. The Plan is operated in 51 municipalities in São Paulo State, involving landslide risk sites located in different regions of the state: Baixada Santista, Litoral Norte, Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira and Campinas, Sorocaba and ABCD regions. The warning system monitores the rainfalls as the triggering agent of the landslide process. Triggering values of 80mm to 120mm of accumulated rainfalls for 3 days were achieved after studies of correlation between rainfalls and landslides. During the operation of the plan in every summer season, local civil defense staffs are sent to the risk areas looking for evidences of slope instability. Depending on the results of the field investigation, emergency achieves consisted of temporary relocation of the people living in the areas are undertaken. This plan has been successfully operated since 1988.

1 INTRODUÇÃO

O intenso processo de urbanização vivido no País nas últimas duas décadas, a falta de recursos e de políticas habitacionais permanentes e uma crise econômica duradoura, têm levado à ocupação de áreas geologicamente desfavoráveis, principalmente pelas populações mais empobrecidas, resultando em graves situações de risco.

As favelas constituem-se exemplos drásticos dessa realidade. Apenas na cidade de São Paulo existem mais de 2000 favelas, segundo levantamento recente.

Embora não existam dados oficiais que possibilitem uma análise quantitativa mais acurada das conseqüências dos acidentes ambientais no Brasil, e em particular, os de

origem geológica, a análise de informações extraídas dos noticiários, permite afirmar que os acidentes em áreas urbanas associados a enchentes/inundações são os mais freqüentes e, possivelmente os que acarretam maiores prejuízos econômicos, assim como, os escorregamentos são os que têm provocado o maior número de vítimas fatais. Levantamento realizado pelo IPT a partir de notícias de jornal, um total de 1534 pessoas morreram em conseqüência de escorregamentos no Brasil, entre 1988 e junho de 2004. (Figura 1)

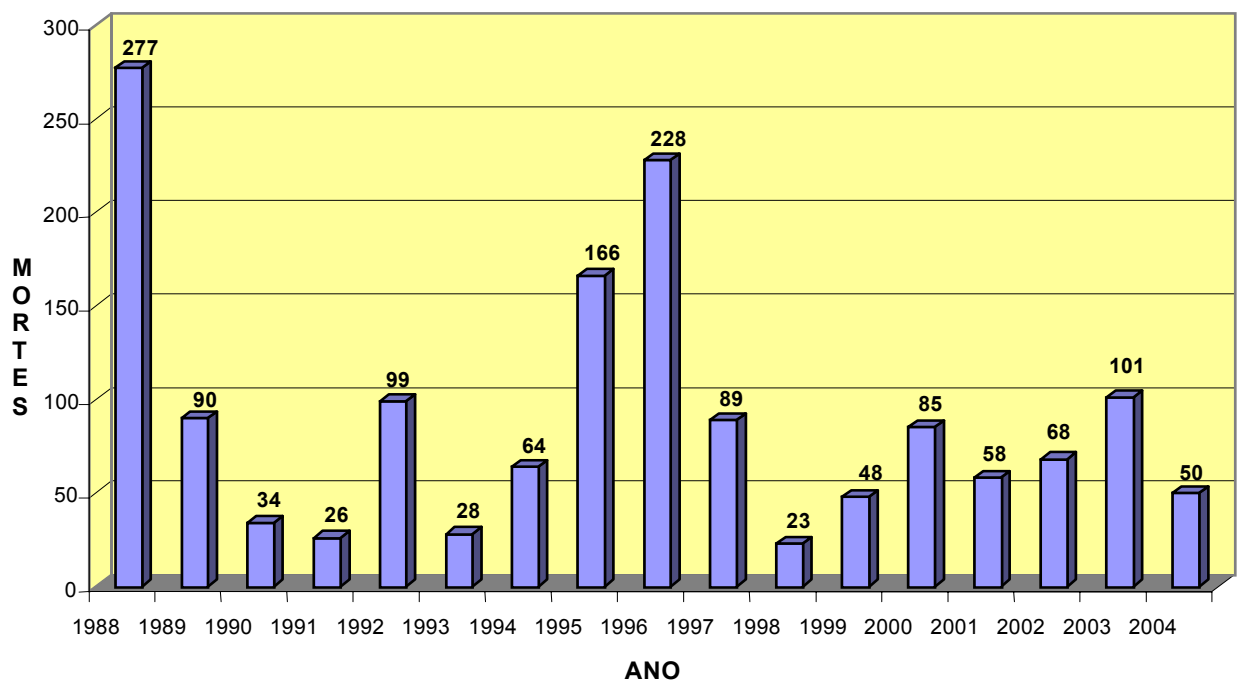



Figura 1. Gráfico com o número de mortos no Brasil vítimas de escorregamentos (deslizamentos), a partir de notícias de jornal. (Fonte: Banco de Dados do IPT)

2. ANTECEDENTES

Em princípios de 1988, diversos eventos de escorregamentos (deslizamentos) ocorreram no Brasil, sendo os mais graves o de Petrópolis, com 171 mortes, Rio de Janeiro (53 mortes) e litoral de São Paulo, com 17 vítimas fatais (Cubatão, Santos e Ubatuba). O governo de São Paulo, preocupado com as situações de risco de encostas no litoral do Estado, ordenou ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Instituto Geológico (IG), Instituto Florestal e Instituto de Botânica, que realizassem estudos que levaram ao mapeamento dos problemas e propostas de soluções, dentre as quais estava um Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC. (Macedo et al. 1998)

A partir do segundo semestre de 1988 a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – CEDEC, o IPT e o IG iniciaram a montagem do PPDC. Durante os meses de novembro e dezembro de 1988, as prefeituras municipais da região da Baixada Santista (Santos, Cubatão, Guarujá e São Vicente) e Litoral Norte (Caraguatatuba, São Sebastião, Ilhabela e Ubatuba) foram contactadas e concordaram em se engajar no esforço de diminuir o número de vítimas fatais causadas por escorregamentos no litoral paulista.

Atualmente, o número de áreas de risco em municípios do estado de São Paulo vem crescendo e com ele a probabilidade de mortes por escorregamentos. A experiência exitosa do litoral de São Paulo, foi levada a outras regiões, com intuito de reduzir ao mínimo as mortes. Foram incorporadas ao sistema PPDC: no ano de 2000, 16 cidades da região do Vale do Paraíba; no ano de 2001, 13 cidades da região de Campinas; em 2003 7 cidades da região de Sorocaba e mais 7 cidades da região do ABCD (Região Metropolitana de São Paulo), totalizando assim 51 cidades monitoradas pelo sistema PPDC.

3. OBJETIVOS

O Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC tem por objetivo principal dotar as equipes técnicas municipais de instrumentos de ação, de modo a, em situações de risco iminente, reduzir a possibilidade de registro de perdas de vidas humanas decorrentes de escorregamentos. O PPDC é, assim, um instrumento de defesa civil importante dos poderes públicos estadual e municipais, para garantir maior segurança aos moradores instalados nas áreas de risco de escorregamentos.

A operação do PPDC corresponde a uma ação de convivência com os riscos presentes nas áreas de ocupação de encostas, em razão da gravidade do problema e a impossibilidade de eliminação, no curto prazo, dos riscos identificados. Assim, o PPDC pode ser considerado uma eficiente medida não-estrutural de gerenciamento de riscos geológicos associados a escorregamentos de encostas, ressaltando-se o pioneirismo de sua implementação no Brasil, estando consonante com a metodologia e técnicas adotadas pelos mais adiantados sistemas de Defesa Civil internacionais e recomendadas pela ONU.

4. METODOLOGÍA E ESTRATÉGIA

A concepção do PPDC baseia-se na possibilidade de serem tomadas medidas anteriormente à deflagração de escorregamentos, a partir da previsão de condições potencialmente favoráveis à sua ocorrência, por meio do acompanhamento dos seguintes

parâmetros: precipitação pluviométrica (chuvas), previsão meteorológica e observações a partir de vistorias de campo.

A metodologia adotada para o desenvolvimento dos trabalhos no PPDC, consiste em manter as áreas de risco atualizadas, os critérios e parâmetros técnicos do Plano adequados às especificidades de cada município e mantendo a capacitação das equipes técnicas municipais por meio de cursos específicos.

Desta forma, trata-se de atividades que procuram, simultaneamente, capacitar os efetivos usuários dos instrumentos técnicos produzidos, bem como testar estes instrumentos na prática.

Os trabalhos envolvem o governo do Estado de São Paulo, por meio da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (CEDEC), que coordena os trabalhos e fornece previsões meteorológicas, as Regionais de Defesa Civil (REDEC) que coordena os trabalhos em suas regiões de atuação, e os Institutos de Pesquisas (IPT e IG), que são responsáveis pela base técnica do Plano. Nas cidades estão envolvidas as Defesas Civis Municipais (COMDEC), as populações que habitam as áreas de risco e a sociedade organizada. As Defesas Civis dos municípios são responsáveis pelo acompanhamento das chuvas, vistorias das áreas de risco e remoção de moradores. Em situações de emergência, os órgãos estaduais se deslocam para as cidades e auxiliam no que for necessário. A Figura 2 apresenta o fluxo de informações entre as instituições participantes, tendo como exemplo o Plano operado na Baixada Santista e no Litoral Norte.

5. COMO FUNCIONA O PPDC

O PPDC é um sistema estruturado em 4 níveis (Observação, Atenção, Alerta e Alerta Máximo), cada qual com procedimentos diferenciados (Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5). Para a deflagração dos níveis são simultaneamente considerados os seguintes indicadores: índices pluviométricos registrados, previsão meteorológica e manifestações das encostas (trincas no solo e moradias, degraus de abatimento, estruturas rígidas inclinadas, escorregamentos, dentre outras). Ainda para efeito da deflagração dos níveis previstos no PPDC, os índices pluviométricos registrados são expressos na forma de valores acumulados de chuva em três dias e outros parâmetros. Estes indicadores traduzem, associados à previsão meteorológica, a maior ou menor possibilidade de ocorrência de escorregamentos.

O PPDC é implantado ao longo de todo o período chuvoso (desde 1988/89) e, desta forma, no início da operação do Plano a cada ano entra-se no nível de Observação. Neste

nível acompanha-se o comportamento da pluviosidade e da previsão meteorológica. A pluviosidade foi escolhida como o primeiro dos parâmetros a serem monitorados tanto por corresponder ao agente deflagrador dos processos, como pela facilidade de sua medição.

A passagem para o nível de Atenção foi definida a partir do registro de índices pluviométricos críticos associados à previsão de continuidade de chuvas, dada pela meteorologia. Para a definição dos índices críticos de chuva foi utilizado o modelo de correlação entre chuvas e escorregamentos, desenvolvido pelo IPT (Tatizana et al., 1987 a,b). A partir deste modelo, foram analisados os eventos pluviométricos que acarretaram acidentes no passado recente nas áreas de interesse e, com a análise destes eventos pluviométricos considerando o papel do histórico de chuva e da pluviosidade horária que efetivamente deflagra os escorregamentos, estabeleceram-se os índices pluviométricos críticos que variam de 80 a 120 mm de chuvas acumuladas em 3 dias, dependendo das condições naturais e de ocupação de cada cidade.

Atingidos estes índices, e com a indicação da meteorologia quanto à continuidade de chuvas, caracteriza-se a entrada no nível de Atenção, que remete às vistorias das áreas de risco anteriormente identificadas, para verificação da ocorrência de novas manifestações das encostas conforme já mencionado. Se constatadas tais situações passa-se ao nível de Alerta e procede-se à remoção preventiva e temporária da população em risco iminente.

No caso de registro de escorregamentos, associados à previsão de ocorrência de novas chuvas, entra-se no nível de Alerta Máximo e procede-se à remoção de toda a população instalada nas áreas de risco.

Quando se inicia a operação do Plano (mês de dezembro) as equipes técnicas do IPT, IG e das Defesas Civis permanecem em plantão 24 horas, acompanhando os índices pluviométricos, meteorologia e os resultados das vistorias de campo, realizadas pelas equipes das Defesas Civis municipais. A partir da identificação de situações de risco iminente, já no nível de Alerta, as equipes do IPT, IG e da Defesa Civil estadual deslocam-se para os municípios, onde auxiliam e dão assessoria às equipes municipais.

Todos os anos, desde 1990, as equipes municipais recebem curso de treinamento para operar o sistema. Até 2003 foram mais de 90 cursos com pelo menos 3000 pessoas, entre técnicos municipais, população de áreas de risco e outros interessados. O conteúdo dos cursos inclui temas sobre Defesa Civil, deslizamentos em solo e rocha, técnicas expeditas de avaliação de risco, utilizadas nas vistorias de campo. Os cursos são ministrados para os técnicos da Defesa Civil Municipal, moradores de áreas de risco, bombeiros, policiais, políticos e outros interessados da comunidade.

6. CONCLUSÕES

Para as Defesas Civis municipais o PPDC proporcionou condições para o seu efetivo funcionamento, chegando em algumas cidades a promover a própria criação da COMDEC. Ainda para os municípios a formação de equipes técnicas, o início de trabalhos de planejamento urbano, fiscalização e controle da ocupação.

Para a Defesa Civil Estadual - CEDEC iniciou-se uma nova fase com a implantação de sistemas preventivos, ao contrário da doutrina então vigente, de socorrer vítimas.

Para os Institutos de Pesquisa proporcionou a formação de equipes técnicas e o desenvolvimento de pesquisas pioneiras no país.

Os bons resultados alcançados proporcionou o maior desenvolvimento dos mapeamentos de riscos, tanto de escorregamentos como de outros processos, como por exemplo inundações. A repercussão junto à comunidade em geral tem sido excelente, visto os vários cursos e palestras ministradas e as dezenas de reportagens em televisão, rádio, jornais e revistas.

O número de vítimas fatais diminui drasticamente desde a implantação do PPDC, de tal forma que se planeja a sua expansão para todas as áreas de risco de São Paulo, nos próximos anos.

7. BIBLIOGRAFIA

MACEDO, E.S.; OGURA, A.T.; SANTORO, J. Landslides warning system in Serra do Mar slopes, São Paulo, Brazil. In: INTERNATIONAL IAEG CONGRESS, 8, 1998, Vancouver (Canadá). **Proceedings...**Rotterdam: A.A. Balkema, 1998. P. 1967-1971.

TATIZANA, C. *et al*. Análise da correlação entre chuvas e escorregamentos na Serra do Mar, município de Cubatão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, São Paulo,SP. **Anais...**São Paulo:ABGE, 1987a, v.2, p. 225-236.

TATIZANA, C. *et al*. Modelamento numérico da análise de correlação entre chuvas e escorregamentos na Serra do Mar, município de Cubatão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5, São Paulo,SP. **Anais...**São Paulo:ABGE, 1987b, v.2, p. 237-248.

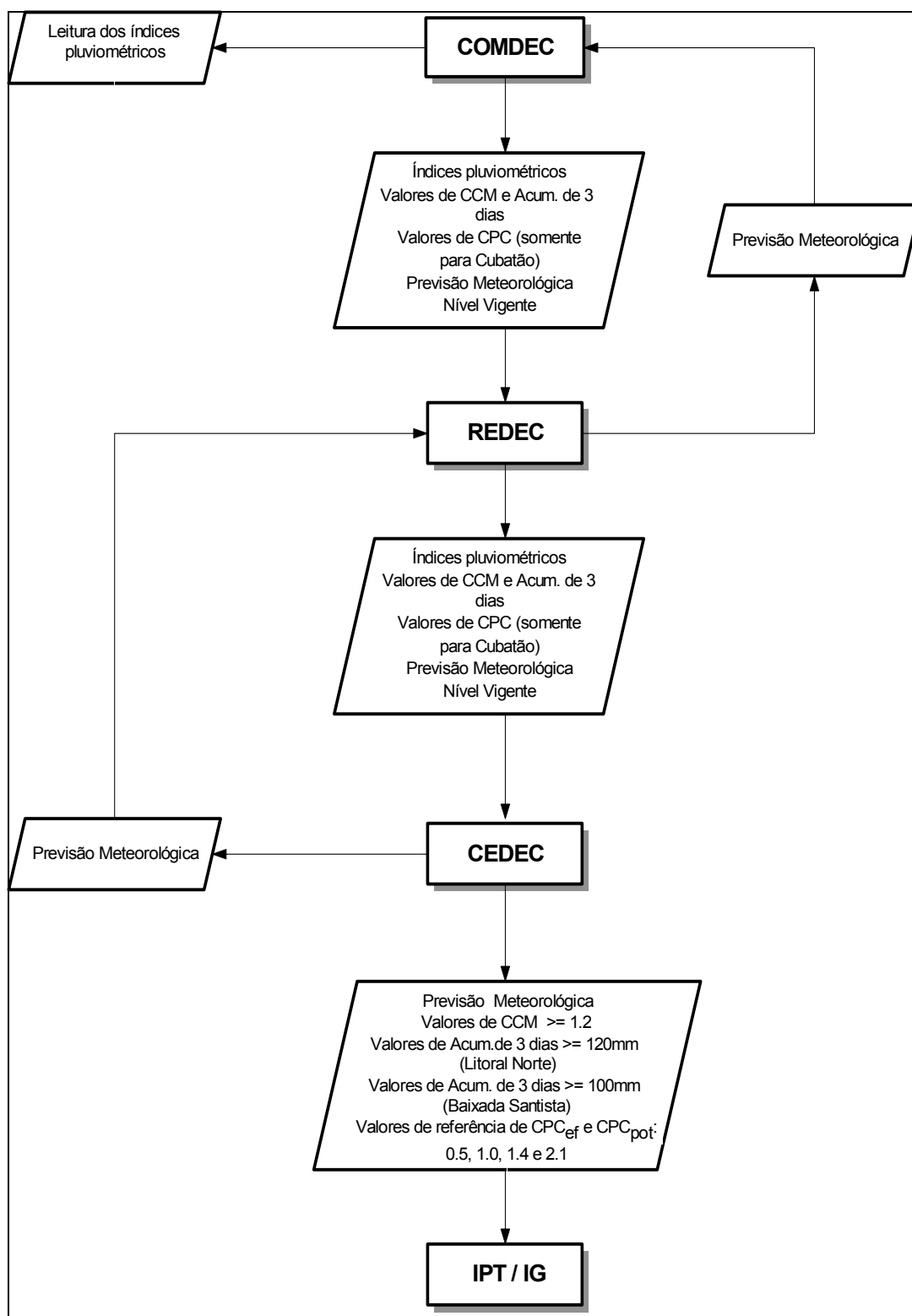



Figura 2 Fluxo de informações entre as instituições que participam do PPDC. Exemplo da Baixada Santista e Litoral Norte

NÍVEL	CRITÉRIO DE ENTRADA DOS NÍVEIS	AÇÕES ESPECÍFICAS
OBSERVAÇÃO	Início do PPDC 1º de dezembro	Acompanhamento dos índices pluviométricos
ATENÇÃO	Acumulado de chuva em 3 dias E previsão meteorológica	Vistorias de campo nas áreas de risco
ALERTA	Registro de feições de instabilidade nas áreas de risco ou suas proximidades	Remoção preventiva dos moradores das áreas de risco iminente
ALERTA MÁXIMO	Registro de escorregamentos nas áreas de risco ou em suas proximidades E Previsão meteorológica	Remoção dos habitantes de todas as áreas de risco

Tabela 1. Níveis do PPDC, critérios de entrada nos níveis e ações correspondentes.

NÍVEL	OBSERVAÇÃO
CRITÉRIOS DE ENTRADA	INÍCIO DO PERÍODO DE VIGÊNCIA
CRITÉRIOS DE SAÍDA	TÉRMINO DO PERÍODO DE VIGÊNCIA
COMDEC	-Elaboração de plano de ação específico para o município; -Dimensionamento dos recursos humanos e materiais para a efetivação do PLANO; -Conscientização da população das áreas de risco; -Obtenção do dado pluviométrico; -Cálculo do acumulado de chuvas em 3 dias; -Cálculo do valor do CCM; -Transmissão a REDEC do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuva em 3 dias e nível vigente; -Avaliação da necessidade de MUDANÇA DE NÍVEL.
REDEC	-Recepção do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuvas 3 dias, nível vigente e previsão meteorológica; -Transmissão à CEDEC do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuvas em 3 dias e nível vigente; -Transmissão à COMDEC da previsão meteorológica.
CEDEC	-Transmissão à REDEC, IPT e IG da previsão meteorológica; -Transmissão ao IPT e IG dos valores de CCM >= 1,2 ou acumulado de chuva >= 100mm em 3 dias; -Convocar reunião da Comissão Executiva do PPDC.
IPT/IG	-Manter técnicos em plantão para acompanhamento e análise da situação; -Atender convocação da CEDEC para reunião da Comissão Executiva do PPDC.

Tabela 2 Responsabilidades e ações de cada uma das instituições no nível de Observação

NÍVEL	ATENÇÃO
CRITÉRIOS DE ENTRADA	Acumulado de chuvas >= 100mm em 3 dias e previsão de chuvas com tendência de LONGA DURAÇÃO de QUALQUER intensidade OU CCM>=1,2 e previsão de chuvas com tendência de LONGA DURAÇÃO e precipitação a partir de MODERADA A FORTE.
CRITÉRIOS DE SAÍDA	Previsão de não ocorrência de chuvas com tendência de LONGA DURAÇÃO de QUALQUER intensidade E Acumulado de chuvas < 100mm em 3 dias e CCM< 1,2 E Consultar IPT e IG através da REDEC, caso a COMDEC julgue necessário
COMDEC	-Declarar MUDANÇA DE NÍVEL; -Comunicar REDEC sobre MUDANÇA DE NÍVEL; -Realizar VISTORIAS de campo visando verificar a ocorrência de escorregamentos e feições de instabilização. Devem ser iniciadas pelas áreas de risco; -Transmissão a REDEC do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuva em 3 dias e nível vigente; -Avaliação da necessidade de MUDANÇA DE NÍVEL.
REDEC	-Recepção do comunicado de MUDANÇA DE NÍVEL; -Comunicar à CEDEC sobre MUDANÇA DE NÍVEL; -Recepção do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuvas 3 dias, nível vigente e previsão meteorológica; -Transmissão à CEDEC do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuvas em 3 dias e nível vigente; -Transmissão à COMDEC da previsão meteorológica.
CEDEC	-Transmissão à REDEC, IPT e IG da previsão meteorológica; -Transmissão ao IPT e IG da MUDANÇA DE NÍVEL; -Convocar reunião da Comissão Executiva do PPDC.
IPT/IG	-Manter técnicos em plantão para acompanhamento e análise da situação; -Atender convocação da CEDEC para reunião da Comissão Executiva do PPDC.

Tabela 3 Responsabilidades e ações de cada uma das instituições no nível de Atenção

NÍVEL	ALERTA
CRITÉRIOS DE ENTRADA	Registro de trincas, degraus ou qualquer outra feição de instabilidade que indique a possibilidade de escorregamentos observada através de vistoria de campo , tanto nas áreas de risco quanto fora delas.
CRITÉRIOS DE SAÍDA	Previsão de não ocorrência de chuvas com tendência de LONGA DURAÇÃO de QUALQUER intensidade E Restauração dos sistemas de drenagem e recuperação das vias de acesso e circulação E Parecer favorável do IPT e IG, inclusive quanto à necessidade de execução do conjunto de medidas previstas neste nível.
COMDEC	-Declarar MUDANÇA DE NÍVEL; -Comunicar REDEC sobre MUDANÇA DE NÍVEL; -Realizar VISTORIAS de campo; -RETIRADA da população das áreas de risco iminente; -Transmissão a REDEC do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuva em 3 dias e nível vigente; -Agilizar os meios necessários para POSSÍVEL retirada da população das demais áreas de risco; -Avaliação da necessidade de MUDANÇA DE NÍVEL.
REDEC	-Recepção do comunicado de MUDANÇA DE NÍVEL; -Comunicar à CEDEC sobre MUDANÇA DE NÍVEL; -Recepção do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuvas 3 dias, nível vigente e previsão meteorológica; -Transmissão à CEDEC do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuvas em 3 dias e nível vigente; -Transmissão à COMDEC da previsão meteorológica.
CEDEC	-Transmissão à REDEC, IPT e IG da previsão meteorológica; -Acionar técnicos do IPT e IG para deslocamento; -Deslocamento de técnicos para acompanhamento da situação e avaliação da necessidade de medidas complementares; -Suplementar os meios logísticos e operacionais para deslocamento dos técnicos do IPT e IG; -Agilizar os meios logísticos e operacionais complementares para as COMDECs quando solicitados; -Convocar reunião da Comissão Executiva do PPDC.
IPT/IG	-Deslocar técnicos para acompanhamento da situação e avaliação da necessidade de medidas complementares; -Atender convocação da CEDEC para reunião da Comissão Executiva do PPDC.

Tabela 4 Responsabilidades e ações de cada uma das instituições no nível de Alerta

NÍVEL	ALERTA MÁXIMO
CRITÉRIOS DE ENTRADA	Registro de ocorrência de qualquer escorregamento nas áreas de risco ou em suas proximidades E Previsão de ocorrência de chuvas com tendência de LONGA DURAÇÃO de QUALQUER intensidade.
CRITÉRIOS DE SAÍDA	Previsão de não ocorrência de chuvas com tendência de LONGA DURAÇÃO de QUALQUER intensidade E Restauração dos sistemas de drenagem e recuperação das vias de acesso e circulação E Parecer favorável do IPT e IG, inclusive quanto a uma necessidade de execução do conjunto de medidas previstas neste nível.
COMDEC	-Declarar MUDANÇA DE NÍVEL; -Comunicar REDEC sobre MUDANÇA DE NÍVEL; -Proceder a retirada da população das áreas de risco e demais áreas necessárias; -Transmissão a REDEC do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuva em 3 dias e nível vigente; -Avaliação da necessidade de MUDANÇA DE NÍVEL.
REDEC	-Recepção do comunicado de MUDANÇA DE NÍVEL; -Comunicar à CEDEC sobre MUDANÇA DE NÍVEL; -Recepção do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuvas 3 dias, nível vigente e previsão meteorológica; -Transmissão à CEDEC do dado pluviométrico, CCM, acumulado de chuvas em 3 dias e nível vigente; -Transmissão à COMDEC da previsão meteorológica.
CEDEC	-Transmissão à REDEC, IPT e IG da previsão meteorológica; -Acionar técnicos do IPT e IG para deslocamento; -Deslocamento de técnicos para acompanhamento da situação e avaliação da necessidade de medidas complementares; -Suplementar os meios logísticos e operacionais para deslocamento dos técnicos do IPT e IG; -Apoio logístico e operacional para as COMDECs; -Convocar reunião da Comissão Executiva do PPDC.
IPT/IG	-Deslocar técnicos para acompanhamento da situação e avaliação da necessidade de medidas complementares; -Atender convocação da CEDEC para reunião da Comissão Executiva do PPDC.

Tabela 5 Responsabilidades e ações de cada uma das instituições no nível de Alerta Máximo

CONTRIBUIÇÕES DO CEPED/UFSC E DA DEFESA CIVIL/SC NA PREVENÇÃO E REDUÇÃO DE DESASTRES: O CASO DO CURSO DE CAPACITAÇÃO A DISTÂNCIA PARA O CODESUL

MARCOS DALMAU[1]
VALTER ZANELA TANI[1]
IRAPUAN PAULINO LEITE[1]
AMIR MATTAR VALENTE[1]

[1]CEPED - Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
Rua Dom Joaquim, 757. Centro.
CEP 88015-310 - Florianópolis – SC

DALMAU, M.; TANI, V. Z.; LEITE, I. P.; VALENTE, A. M. Contribuições do CEPED/UFSC e da Defesa Civil/SC na prevenção e redução de desastres: o caso do curso de capacitação a distância para o CODESUL. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 920-931. (CD-ROM)

RESUMO
A Defesa Civil vem desenvolvendo ações voltadas para a capacitação da sociedade para atuar na prevenção a desastres, assim como na minimização do risco. Para tanto, foi idealizado um curso piloto, com tecnologia de educação a distância, para 1500 participantes do CODESUL. Tal curso foi planejado para atender as necessidades da Defesa Civil, sendo compatibilizado conforme as características do público-alvo desejado. No decorrer do projeto foram idealizadas estratégias para divulgação, assim como para a assimilação de conteúdos e a realização de exercícios. Além disso, foi necessário planejar uma estrutura de assistência aos participantes, visando estimulá-los a estudar, mediante utilização de ferramentas de EAD. Nesse sentido, este artigo tem como intuito apresentar uma experiência bem sucedida aplicada à Defesa Civil do Estado de Santa Catarina realizada pelo CEPED e pelo Grupo de Ensino a Distância da Universidade Federal de Santa Catarina.
Palavras-chave: defesa civil, desastres, educação a distância.

ABSTRACT
The civil defense is developing actions towards societal enabling to act in disaster prevention and risk reduction. For such, it was employed a pilot course with distance learning technology to 1500 participants of CODESUL. Such course was planned to meet the needs of the Civil Defense, fitting the characteristics of the desired target public. In the project's evolution were developed divulging strategies, as well as content assimilation and the realization of exercises. Furthermore, it was necessary to plan a structure to help the participants, aiming to stimulate them to study using distance learning tools. In this sense, this article has the purpose to present a successful experience applied to the state civil defense accomplished by CEPED and the group of distance learning of Federal University of Santa Catarina..
Key-words: civil defense, disasters, distance learning.

1. INTRODUÇÃO

O Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC, criado, coordenado e mantido pelo poder público nas esferas federal, estadual e municipal objetiva "desenvolver o conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e recuperativas destinadas a evitar ou minimizar os desastres, preservar o moral da população e restabelecer a normalidade social" [1].

[1] Lei Estadual nº 10.925, de 22 de setembro de 1998.

As contribuições oriundas da Defesa Civil para com a sociedade são inúmeras. Apesar da população não ter conhecimento pleno das ações realizadas, seja por falta de informações que reforcem a atuação, ou então, por não conseguir acessar as informações completamente, a Defesa Civil costuma estar sempre próxima nos momentos mais importantes, seja prestando assistência ou então a primeira resposta a qualquer tipo de desastre ocorrido em quaisquer localidades.

Visando trabalhar de uma forma proativa, a Defesa Civil do Estado de Santa Catarina vem desenvolvendo ações destinadas a antecipar os rotineiros problemas, mediante aplicação de cursos orientados, especificamente, aos municípios mais afetados por desastres. Para tanto, junto com o CEPED – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, da Universidade Federal de Santa Catarina, iniciou no ano de 2003 o projeto denominado "Plano de Prevenção e Redução de Vulnerabilidade a Desastres". Tal projeto tem como objetivo não só trabalhar com o diagnóstico Geoambiental das áreas de risco nos municípios de Santa Catarina afetados pelas adversidades climáticas, mas também com a criação de um plano de prevenção e controle de desastres naturais nos municípios afetados por tais adversidades. Além destes, tem também uma linha de ação voltada para o controle do Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e, principalmente trabalhar na capacitação, treinamento e informatização das Comissões Municipais de Defesa Civil - COMDECs.

As COMDEC's são estruturas que todos os municípios deveriam ter de acordo com o Decreto 67.347 voltadas para contribuir com a segurança e bem-estar da população, em relação aos desastres. No estado de Santa Catarina, existem atualmente 293 COMDEC's, embora nem todas estejam organizadas e atuantes. Salienta-se, inclusive, que em relação as existentes no Brasil, este é o Estado que mais tem comissões constituídas, fator esse que ressalta a atuação constante, integrada e contínua da Defesa Civil Estadual, fazendo da mesma um modelo no cenário nacional.

Segundo Júnior e Alves (2003, pg.24) as COMDEC's deverão estar devidamente estruturadas para:

> • Educar, no sentido de preparar as populações;
> • Prevenir, sugerindo medidas e obras públicas para os pontos críticos;
> • Planejar, elaborando planos operacionais específicos,
> • Socorrer, às vítimas, conduzindo-as aos hospitais;

- Assistir, conduzindo os desabrigados para locais seguros, atendendo-os com medicamentos, alimentos, agasalhos e conforto moral, nos locais de abrigo ou acampamentos;
- Recuperar, a fim de possibilitar à comunidade seu retorno à normalidade.

Para conseguir trabalhar em perfeita sintonia com a população e com as peculiaridades de cada município, é necessário ter pessoas preparadas para atuar em quaisquer circunstâncias. Logo, a oferta de programas de capacitação voltados para a problemática em questão é de extrema relevância considerando as diversidades existentes no Estado.

Diante disso, foi ofertado aos municípios dos Estados que compreendem o CODESUL um curso de capacitação em Defesa Civil visando atuar na prevenção e redução de desastres. Este artigo tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada e os resultados alcançados, reforçando ainda os benefícios resultantes mediante utilização de uma prática diferenciada para um grande número de pessoas situadas em localidades diferentes.

2. METODOLOGIA

Este artigo é resultado de uma pesquisa qualitativa, baseada em procedimentos descritivos e explicativos, visto que na visão de Vergara (1997), a pesquisa explicativa objetiva tornar algo inteligível, esclarecendo quais fatores contribuem, de certa forma, para ocorrência de um determinado fenômeno e a pesquisa descritiva tem como intuito demonstrar as características de determinada população ou determinado fenômeno.

Em relação a coleta de dados, salienta-se que ela foi baseada em uma investigação *ex post fact*, pois a rigor o curso já foi ministrado, não podendo assim ser possível controlar ou manipular as variáveis, conforme mencionado por Chizzotti (2001). Além da investigação, foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto em questão, com base em material publicado em livros da área. Por outro lado, foi feito um levantamento nos documentos do CEPED para obter maiores informações sobre o curso, de acordo com o relatório final apresentado pelo grupo de Ensino a Distância.

3. CONCEITOS INTRODUTÓRIOS DE DEFESA CIVIL E EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

3.1 Considerações iniciais

Para entender a magnitude deste projeto, é interessante apresentar alguns conceitos que são utilizados constantemente quando se fala e pensa em Defesa Civil. São eles:

- Desastres – Segundo Castro (1999, pg.7), "significa o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e conseqüentes prejuízos econômicos e sociais".
- Risco – Conforme salientado por Castro (1999, pg. 8), "é a medida de danos e prejuízos potenciais, expressa em termos de probabilidade estatística de ocorrência ou intensidade e grandeza das conseqüências possíveis".
- Ameaça – Para Castro (1999, pg.9), "é a estimativa de ocorrência e magnitude de um evento adverso ou acidente determinado, expresso em termos de probabilidade estatística de concretização do evento, ou mediante provável magnitude de sua manifestação".
- Vulnerabilidade - De acordo com Castro (1999, pg.9) "é a condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, define os efeitos adversos, medidos em termos de intensidade dos danos previstos".

Baseado nos conceitos apresentados, a Defesa Civil procura agir exatamente na prevenção de desastres, por meio da redução da vulnerabilidade e do risco, visto que, dependendo do desastre, a ameaça é eminentemente incontrolável.

Por outro lado, visando proporcionar um maior entendimento do projeto, é pertinente também contextualizar, brevemente, a Educação a Distância, pois apesar de ser uma prática existente e realizada há vários anos, somente agora, em função das inovações tecnológicas, esta metodologia está sendo mais conhecida e utilizada.

A Educação a Distância apresenta características de flexibilidade de espaço e tempo que podem se adaptar à diversas demandas. É considerada uma metodologia voltada para atender preferencialmente adultos, visto que o processo de aprendizagem tende a ser diferente do meio presencial.

De acordo com o Moore (1996), o grande diferencial da EAD está em proporcionar a pessoa a opção de escolher o próprio local e horário de estudo. A possibilidade de se gerar produtos customizados geram vantagens quando se pensa em adequação para o

atendimento de demandas específicas, pois consegue-se contemplar unicamente um número considerável de pessoas que normalmente o meio presencial não permite.

Segundo Aretio (1999), a grande vantagem da EAD em relação a educação presencial está na economia. Ao se deslocar um grande grupo de pessoas para participar de aulas presenciais em outras localidades, tem-se uma geração de novos problemas para as mesmas mediante impossibilidade de se permanecer por muito tempo no determinado local. A geração de custos, associada as constantes dificuldades de adequação de tempo faz com que muitas pessoas revejam seus conceitos quanto a utilização desta metodologia.

A rigor, as definições existentes sobre EAD não são unânimes, pois vários autores conceituam de acordo com suas percepções e modelos vividos em suas respectivas épocas. Aretio apud Preti (1996, pg 25), por exemplo, conceitua EAD como:

> "um sistema tecnológico de comunicação bidirecional que pode ser massivo e que substitui a interação pessoal na sala de aula entre professor e aluno como meio preferencial de ensino pela ação sistemática e conjunta de diversos recursos didáticos e o apoio de uma organização e tutoria que propiciam uma aprendizagem independente e flexível"

Para Moore (1996, pg 2), a EAD pode ser conceituada da seguinte maneira:

> "A educação a distância é o aprendizado planejado que normalmente ocorre em diferentes locais através do ensino e os resultados provém de técnicas especiais no *design* do curso, técnicas instrucionais especiais, métodos especiais de comunicação através da eletrônica, bem como uma organização especial e arranjos administrativos".

Já Preti (1996, p.19) interpreta a EAD como "uma modalidade não tradicional, típica da era industrial e tecnológica, cobrindo distintas formas de ensino-aprendizagem, dispondo de métodos, técnicas e recursos, postos à disposição da sociedade".

Enfim, Educação a Distância pode ser compreendida como um meio capaz de proporcionar as pessoas o acesso às informações que irão proporcionar um aprendizado sobre determinado assunto, independente da distância e do tempo da pessoa.

Atualmente, em função das inovações tecnológicas, a Educação a Distância foi impulsionada consideravelmente, haja vista a queda das barreiras físicas e, principalmente, por causa do tempo para o acesso a informações, qualquer pessoa pode investir em sua formação e aperfeiçoamento.

De acordo com Dalmau (2003), as tecnologias mais utilizadas em programas de educação a distância são:

- **Internet -** A internet pode ser considerada um dos meios mais utilizados pelas pessoas por proporcionar um acesso a informações a qualquer hora (síncrona e assíncrona), não necessitando de equipamentos alternativos de recepção, e por permitir a usabilidade simultânea de inúmeras pessoas em diversos locais diferentes. Por outro lado, a internet por si só não é recomendável visto que necessita de largura de banda para trabalhar bem com imagens, fator esse que pode prejudicar determinados tipos de curso.
- **Videoconferência -** A videoconferência oferece uma solução acessível à necessidade de comunicação direta, visual e sonora das partes envolvidas, com sistemas que permitem transmitir informações entre pontos ou zonas diferentes, através de linhas físicas ou links de satélite e microondas, isso a custos cada vez mais baixos e com sinais de melhor qualidade. É uma tecnologia que permite as pessoas interagirem diretamente, fator esse que minimiza as resistências naturais do processo de aprendizagem tradicional.
- **Teleconferência -** É o termo que designa, no Brasil, a recepção por antena parabólica ou cabo, no qual os espectadores interagem com os participantes do estúdio fazendo perguntas e intervenções por telefone, fax ou correio eletrônico. Se comparada com a videoconferência, a teleconferência não oferece tanta interatividade entre os usuários. Por outro lado, tem a vantagem de possibilitar o atendimento simultâneo de pessoas espalhadas em vários pontos do país, fator este que barateia ainda mais o custo da operação pois se trabalha com ganhos de escala.
- **Vídeo-Aula -** As Vídeo-aulas, apesar de não serem mais tão utilizadas atualmente, proporcionam a pessoa imagem e som, fazendo com que o processo de assimilação da informação seja melhor realizado, desde que a mesma não perca a motivação e o interesse em assistir a fita. É recomendável utilizá-la como uma ferramenta de apoio, considerando suas características citadas, mas como um reforço visual do que foi explanado no material impresso.
- **Material impresso -** Mesmo com as tecnologias disponíveis hoje, o livro, a apostila e cadernos de atividade ainda são fundamentais na EAD. As informações impressas são versáteis e com uma alternativa de baixo custo. Elas permitem a posse permanente para consulta e uma leitura mais confortável, especialmente quando o texto é extenso. A utilização de textos impressos aliado a outras mídias potencializa os resultados da EAD.

3.2 – Projeto de Capacitação a Distância em Defesa Civil – Prevenção e Redução de Desastres

O Curso de Capacitação em Defesa Civil: prevenção e redução de desastres, realizado pelo Governo do Estado de Santa Catarina, por meio da Secretaria de Estado da Segurança Pública e Defesa do Cidadão, em parceria com o Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED), teve como público-alvo 1500 participantes dos Estados do CODESUL - Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Tocantins.

O curso tinha como objetivo capacitar os participantes para a efetiva atuação em relação aos desastres, mediante percepção dos riscos, suas causas e efeitos. Para tanto, foram planejadas várias ações para que as pessoas tivessem acesso ao conteúdo e uma perfeita noção do assunto em questão, tais como poderão ser visualizadas a seguir.

3.2.1 – Planejamento e definição de recursos a serem utilizados na execução do curso

O planejamento do curso tomou como base a quantidade de pessoas a serem capacitadas e as suas respectivas localizações. Por se tratar de um número expressivo, com características de formação diferenciadas, o grupo de Educação a Distância partiu do pressuposto que o material deveria ser simples, mas eficaz no que diz respeito à comunicação e usabilidade.

Para tanto, planejou-se adotar ferramentas diferenciadas que proporcionassem ao mesmo tempo, a praticidade de se obter informações através de um material fácil de consultar e até de transportar, associada a uma maneira de acessar outras informações e trocar experiências com os conteudistas[2] mesmo a distância.

A interatividade no processo foi, desde o início, a preocupação principal do grupo de Educação a Distância. Por isso, visando uma obtenção consistente dos conteúdos, planejou-se, também, a oferta de atividades de aprendizagem. Tais atividades foram elaboradas pelos conteudistas.

Para contemplar as expectativas do Grupo de Ensino a Distância quanto a eficácia do curso, contou-se com os seguintes recursos:

- **Materiais Impressos: Livro-texto** – Neste livro estavam detalhados os conteúdos específicos do curso, criados e diagramados de uma forma moderna e de fácil compreensão. O livro, com 125 páginas contém, além dos conteúdos, exercícios para que os cursistas pudessem fazer e consolidar o que foi exposto.

---

[2] Responsáveis pela elaboração do conteúdo. Geralmente são profissionais que trabalham na área, que possuem conhecimento sobre o assunto assim como experiência sobre o mesmo.

- **Materiais Audiovisuais e Multimídia: videoaula, *site*, teleconferências, mensagens de áudio via *internet*** – Um ponto interessante a se detalhar é que a videoaula foi idealizada para ser uma alternativa capaz de possibilitar uma maior disseminação dos conceitos da Defesa Civil. Para tanto, foram contempladas imagens sobre os diversos desastres já ocorridos no Estado de Santa Catarina. A duração da mesma, de aproximadamente 12 minutos, possibilitou uma verificação rápida, fator esse que ressaltou a objetividade do conteúdo. A rigor, a fita serviu como uma ferramenta de reforço ao conteúdo já explicitado no livro texto.

Em relação ao *site*, este ambiente virtual proporcionou aos alunos o acesso às informações que não estavam disponíveis nos livros ou, até mesmo, apresentadas nas Teleconferências. O *site* proporcionou ao aluno uma referência para que se pudesse ter conhecimento de outros recursos desenvolvidos para o curso, além de materiais de apoio, assim como comunicações com os demais.

As teleconferências, por sua vez, foram planejadas para servirem como o "cartão de visitas" a todos os participantes, visto que proporcionou o atendimento simultâneo da informação. Foram idealizadas duas teleconferências, sendo que a primeira, tinha como objetivo apresentar informações sobre o conteúdo, assim como discutir e contextualizar sobre o assunto em questão. A segunda, por sua vez, além do que já foi mencionado, serviu para responder as dúvidas dos participantes e para fazer o encerramento do curso.

Os programas, gerados na TV Barriga Verde, foram planejados para proporcionar aos participantes um maior contato com os conteudistas e com profissionais da área com experiência sobre o assunto. A recepção do programa foi feita em auditórios de parceiros e de instituições que tinham parabólica para sintonizar a frequência especifica.

- **Acompanhamento: Sistema de Acompanhamento ao Estudante a Distância (SAED)** – De acordo com o grupo de Educação a Distância, este sistema representa o diferencial de um curso a distância, pois proporciona ao participante uma redução da distância, mediante o solucionamento das dúvidas rapidamente. Por outro lado, neste sistema as atividades são monitoradas frequentemente, a ponto dos tutores tentarem incentivar os participantes a terminarem os seus afazeres. A comunicação entre os participantes e os tutores foi feita por telefone ou *e-mail*, fator esse que proporcionou um atendimento mais rápido e eficaz.

3.2.2 Divulgação e Distribuição do Número de Vagas

A divulgação do curso foi uma etapa interessante, visto que em princípio, com um público diferenciado e localizado em áreas distintas, esta ação deveria ser realizada com extremo cuidado.

O curso tinha como primeiro objetivo atender 1000 participantes do CODESUL. Desta forma, estipulou-se divulgar o curso por meio de correspondências para as prefeituras e COMDECs cadastradas, com *folders* para órgãos públicos dos Estados contemplados, com veiculação em jornais de circulação estadual, assim como mediante utilização de link na *Internet* em *sites* relacionados ao tema.

As inscrições deveriam ser feitas no *site* do curso, mediante preenchimento de um formulário eletrônico. Durante o processo de inscrições ocorreram fatos interessantes. Um deles, no início, foi que o número de inscritos refletia exatamente os municípios mais próximos da Capital, haja vista que os *folders* e as correspondências no interior demoram mais a chegar ao destino. Logo, a quantidade de inscritos da Capital e cidades periféricas começou a se destacar. Por outro lado, em paralelo, foram feitas várias ligações telefônicas para as COMDEC's e instituições com participantes em potencial, ações estas que acabaram gerando uma melhor distribuição. No entanto, antes do término das inscrições, percebeu-se que o número já extrapolara, fator esse que fez com que fossem disponibilizadas mais 500 vagas, que em pouco tempo, também, foram rapidamente preenchidas.

A distribuição de vagas por Estados foi idealizada em uma primeira instância da seguinte forma:

Tabela 1: Número de Vagas Disponíveis e Distribuição por Estado

Estado	**Nº. de vagas**
Mato Grosso do Sul	**50**
Paraná	**100**
Rio Grande do Sul	**100**
Santa Catarina	**1200**
Tocantins	**50**
Total	**1500**

Fonte: Grupo Ensino a Distância (2004)

Apesar de se ter aumentado o número de vagas, verificou-se que ao término do período de inscrições, o número de inscritos ainda assim ultrapassou o limite estipulado, além de existirem registros de pessoas situadas em Estados que não eram contemplados no

projeto. Esta situação fez com que se planejasse critérios de adequação, mediante adoção dos seguintes princípios:

a) Manter no mínimo um aluno em cada município;

b) Função – privilegiou-se candidatos que atuam em áreas afins.

c) Idade – privilegiou-se candidatos que possuíam idade acima de 18 anos;

d) Manifestado o desejo de ser voluntário da Defesa Civil – foi perguntado, na ficha de inscrição, se o candidato tinha interesse em tornar-se voluntário da Defesa Civil;

Nesse sentido, a distribuição final ficou da seguinte forma:

Tabela 2: Número de Pessoas Inscritas e Distribuição Final de Vagas por Estado

Estado	**Nº. de pessoas que se inscreveram**	**Nº. pessoas inscritas FINAL**
Mato Grosso do Sul	**37**	**36**
Paraná	**125**	**105**
Rio Grande do Sul	**31**	**28**
Santa Catarina	**1605**	**1279**
Tocantins	**53**	**50**
São Paulo	**01**	**0**
Rio de Janeiro	**01**	**0**
Total	**1765**	**1500**

Fonte: Grupo Ensino a Distância (2004)

Salienta-se que visando atingir os objetivos do projeto, foi necessário adotar tais princípios, porque o recurso financeiro não era suficiente para produzir mais material, assim como, para enviá-los a todos os participantes. Entretanto, com a utilização destes princípios, a escolha foi mais justa para todos os participantes, pois planejou-se também, retirar da listagem pessoas que trabalhavam nos mesmos estabelecimentos ou instituições. Para estes casos, contemplou-se a possibilidade de que as pessoas que fizessem o curso poderia, no futuro, atuar, informalmente, como disseminadora dos princípios da Defesa Civil.

3.2.3 – Atividades Realizadas

As atividades realizadas para que os participantes pudessem conhecer o assunto tiveram como foco principal a questão relacionada a compreensão do que foi ministrado. Sendo assim, foi considerada como uma exigência para a obtenção do certificado de conclusão do curso, o cumprimento de uma atividade de avaliação final, onde os tutores do

SAED receberiam em uma data programada. Tal atividade consistia no diagnóstico de uma área específica a ser escolhida pelo próprio participante, onde o mesmo utilizaria os conceitos aprendidos durante o curso para realizá-la com sucesso.

Do total de participantes inscritos, 932 enviaram suas atividades completas. Isso equivale a um percentual de 62% do total, conforme a tabela abaixo:

Tabela 3: Número de Atividades Entregues por Estado

Estado	Inscritos	Recebidas	%
Mato Grosso do Sul	**36**	**0***	**0%**
Paraná	**106**	**81**	**76%**
Rio Grande do Sul	**28**	**12**	**43%**
Santa Catarina	**1280**	**797**	**62%**
Tocantins	**50**	**42**	**84%**
Total	**1500**	**932**	**62%**

Fonte: Grupo Ensino a Distância (2004)

Analisando o percentual de exercícios realizado e entregue, salienta-se que tal número é bem expressivo, pois além do curso ser gratuito, foi feito em um curto espaço de tempo e com uma metodologia que nem todas as pessoas estavam habituadas a utilizar. Por outro lado, a qualidade dos exercícios realizados foi acima das expectativas, fator esse que demonstrou a importância do SAED, assim como de todos os profissionais envolvidos no processo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de ter sido um projeto piloto para a Defesa Civil, a realização de cursos a distância não é uma prática nova para a UFSC. Por contar com um corpo de profissionais qualificados e experientes em suas áreas de atuação, a elaboração e execução do mesmo foi considerada excelente, tanto que depois deste curso o CEPED recebeu a incumbência de realizar outro para a Defesa Civil, dando continuidade aos objetivos traçados.

Por fim, vale mencionar que a utilização de tecnologias para o ensino, tende a aumentar com o passar do tempo, visto que a interatividade tende a aumentar, assim como as eventuais resistências a diminuir. Porém, o mais importante é que a Defesa Civil tem tido ótimos resultados com a promoção da capacitação da sociedade para a atuação em situações de risco ou em desastres. Para tanto, cita-se como exemplo de sucesso deste curso, um fato ocorrido na passagem do fenômeno Catarina, onde a Defesa Civil pôde

constatar que muitas pessoas que fizeram este curso acabaram ajudando na prevenção e nas atividades de resposta realizadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARETIO, G. [on line]. Disponível na Internet via WWW. URL**:** http://www.intelecto.net/textos1.htm. Arquivo capturado em dezembro de 1999.

CALHEIROS, L. B.; DANTAS, M. C. **Apostila sobre Implantação e Operacionalização de COMDEC.** Brasília: Imprensa Nacional, 1999.

CASTRO, A. L. C. **Manual de Planejamento em Defesa Civil**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Defesa Civil, 1999.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

DALMAU, M. B. L. **Metodologia de Análise para Desenvolvimento e Oferta de Programas Educacionais Corporativos.** . Florianópolis, 2003. 230p. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

GRUPO DE ENSINO A DISTÂNCIA. **Relatório do Curso de Capacitação em Defesa Civil: prevenção e redução de desastres.** Florianópolis, 2004.

JUNIOR, C. A. A. G.; ALVES, M. L. **Capacitação em Defesa Civil: prevenção e redução de desastres**. Florianópolis, 2004.

MOORE, M. G.; KARSLEY, G. **Distance education: a systems view**. Belmont (USA): Wadsworth Publishing Company,1996.

PRETI, O. **Educação a Distância: inícios e indícios de um percurso**. NEAD/IE – UFMT. Cuiabá: UFMT, 1996.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 1997.

AS BARRAGENS E AS ENCHENTES

ROGÉRIO DE ABREU MENESCAL[1]
ANTÔNIO NUNES DE MIRANDA[1]
ERNESTO DA SILVA PITOMBEIRA[1]
DANIEL SOSTI PERINI[1]

[1]Proágua/Semi-áridoSGAN quadra 601
Ed. Sede da CODEVASF – sala 416, CEP 70830-901
rogério@menescal.net, antoniomiranda@baydenet.com.br, glauber@ufc.br, dsperini@terra.com.br

MENESCAL, R. A.; MIRANDA, A. N.; PITOMBEIRA, E. S.; PERINI, D. S. As barragens e as enchentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 932-942. (CD-ROM)

RESUMO
Desastres naturais, principalmente os relacionados com a água, sempre ocorreram, contudo, o crescimento demográfico associados à degradação do meio ambiente, faz com que esses desastres tomem proporções gigantescas, com um elevado custo social, econômico e ambiental. Este trabalho apresenta uma metodologia para o diagnóstico da segurança de barragens no território nacional, associa-o aos eventos naturais, como enchentes, e reporta a situação atual dos trabalhos, bem como as futuras ações a serem tomadas. Refere-se ao projeto de cadastramento de barragens, as quais atendam a critérios pré-definidos pelo Ministério da Integração Nacional, através de preenchimento de ficha cadastral elaborada de forma a propiciar informações valiosas para o trabalho de prevenção de emergências. Trata também da apresentação da metodologia para a inspeção de barragens, as quais não possuam uma metodologia própria, apresentada através de ficha de inspeção acompanhado do respectivo manual.
Palavras-chave: barragem, segurança de barragens, eventos extremos.

DAMS AND FLOODS

ABSTRACT
Natural disasters, mainly those related with water, have always occurred, however, the demographic increase, summed to huge environment degradation's process, gave to these disasters an enormous proportion, with a high, social, economic and ambient, price. This work presents a methodology for the Brazilian's dams security diagnosis, reports the current stage of the work in process, and shows the future actions to be taken in order to accomplish the goal. It refers to the registration of dams, that should match some predefined characteristics by filling a form elaborated in order to provide valuable information which is useful for preventing emergencies. It also brings a methodology for inspecting dams, aimed to those which still do not have a proper methodology, presented through an inspection form and its guidelines.
Key-words: dam, dam safety, extreme events.

1. INTRODUÇÃO

A água é fundamental para o desenvolvimento de qualquer povo, e, desde os tempos mais remotos, o homem, tem fixado sua moradia e estabelecido suas comunidades próximas de cursos de rios, na beira de lagos, fontes de água, dentre outros, de forma a garantir seu sustento e seu desenvolvimento.

Desastres naturais, principalmente os relacionados com a água, sempre ocorreram, contudo, os crescimentos demográficos, associados à degradação do meio ambiente, fizeram com que esses desastres tomassem proporções gigantescas, com um elevado custo

social, econômico e ambiental. Ao aumento na freqüência e magnitude de enchentes, decorrente desta degradação, soma-se o grande número de pessoas que moram em áreas de risco, potencializando o problema.

Segundo Menescal et al (2001), a ocorrência de enchentes encontra-se associada, a priori, a duas causas básicas, os fatores climáticos, ou seja, intensidade e duração das precipitações que ocorrem na área das bacias, e os fatores fisiográficos (e.g. área, formato, declividades, tipo do solo, cobertura vegetal etc.), que determinam o maior ou menor grau com que são sentidos os efeitos de uma precipitação nas bacias hidrográficas. Outro fator determinante para a manifestação de enchentes é o desmatamento e a ocupação desordenada das áreas de várzeas, com conseqüente assoreamento do leito dos cursos d'água. Esse tipo de degradação é relativamente comum no território das bacias metropolitanas, contribuindo para agravar a incidência de enchentes.

Observa-se assim que as populações mais pobres são desproporcionalmente as mais atingidas e, geralmente, possuem pouca capacidade de recuperação, agravando o problema da pobreza. Menescal et al.(2001) apresenta uma relação das principais doenças relacionadas ao meio hídrico.

Neste contexto também se enquadram as barragens, que por um lado regularizam rios, amortecem ondas de cheias, armazenam água para abastecimento humano e propiciam a geração de energia hidrelétrica, mas que por outro lado devem ser capazes de suportar as condições adversas às quais se deparam, para não potencializarem os efeitos das enchentes, ou até mesmo ser o fator gerador de enchentes, como recentemente ocorrido na barragem de Camará, no Estado da Paraíba, que .rompeu na noite de 17/06/2004, liberando para jusante cerca de 17 milhões de metros cúbicos de água, provocando pelo menos seis mortes, mais de 1500 desabrigados e destruição de centenas de casas nas cidades de Alagoa Grande e Mulungu.

Somente em 2004 estima-se que mais de 300 barragens, de diversos tamanhos e tipos, tenham se rompido em todo o Brasil, muitas delas pela incapacidade de suportar os eventos de cheia ocorridos. Neste sentido, o acompanhamento do comportamento das barragens é fundamental para o controle e mitigação do efeito das enchentes.

Menescal e Miranda (1997) propõem um Plano de Ações Emergenciais para situações operacionais críticas em barragens que expõem as populações a jusante de um vale ao risco de ruptura ou descarga descontrolada.

Estima-se que hoje existam cerca de 30.000 barragens somente no Estado do Ceará, algumas delas com mais de 100 anos. No âmbito nacional este valor pode ser estimado em 300.000, considerando barragens de todos os tamanhos e tipos. As barragens envelhecem e, como todas as outras obras, têm um prazo de vida útil que somente pode ser prolongado com esforços especiais de manutenção e de recuperação de seus mecanismos e estruturas.

Hoje, à necessidade de construção de novas barragens, soma-se à preocupação com a recuperação e manutenção de barragens já existentes. Pelos mais diversos motivos, muitas destas obras não tiveram ao longo dos anos os cuidados necessários à sua manutenção. Estes motivos vão desde comportamentos arraigados em nossa cultura, que privilegiam a construção de novas barragens em detrimento da garantia de recursos para a operação e manutenção das existentes, até a extinção de órgãos (como o antigo DNOS) que deixou suas barragens numa espécie de limbo administrativo. Não só devido à falta de cuidados, mas também ao envelhecimento natural das barragens, chegou-se a uma situação que precisa ser de imediato corrigida, sob o risco de elevados prejuízos sociais e ao patrimônio nacional.

Tendo em vista a ocorrência de acidentes recentes com barragens, decorrentes da intensa precipitação que assolou principalmente o nordeste brasileiro no início deste ano, somado à situação atual, onde existem barragens sem a correta inspeção e manutenção, barragens construídas sem critérios por particulares, e barragens ainda desconhecidas pelos órgãos públicos responsáveis, o Ministério da Integração Nacional (MI) adotou uma postura pro ativa. Contou com a parceria de suas vinculadas (DNOCS e CODEVASF), no sentido de estabelecer metodologia de prevenção através do diagnóstico periódico da situação sobre a segurança de barragens.

Em atendimento à recomendação do Comitê Federal de Articulação das Ações de Emergência, foram efetuadas reuniões com diversas instituições, onde foram discutidos assuntos relacionados à situação de calamidade e a estratégia a ser adotada pelo MI para efetuar o levantamento da situação de barragens. Ficou decidido que se estabeleceria uma metodologia sustentável e não apenas para atender situações de emergência. Nascia a proposta de metodologia para diagnóstico da segurança de barragens no Brasil.

A metodologia, apresentada a seguir, é fruto de diversas reuniões e discussões com vários órgãos fiscalizadores e proprietários de barragens nos níveis federal e estadual.

2. METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia proposta a seguir visa o diagnóstico da segurança de barragens destinadas à acumulação de água (p.ex. abastecimento humano, irrigação, piscicultura, navegação, recreação etc.), ao aproveitamento de potenciais hidráulicos, à disposição final ou temporária de estéril e de rejeitos de mineração e à acumulação de resíduos industriais existentes em todo o território nacional.

Inicialmente coube definir um critério para a abrangência das ações. Assim, considerando a grande quantidade e diversidade de barragens existentes em todo o território nacional, a metodologia proposta está sendo aplicada, prioritariamente, para as barragens que apresentem pelo menos uma das seguintes características:

I – altura do maciço, contada do nível do terreno natural à crista, maior ou igual a quinze metros;
II – capacidade total do reservatório maior ou igual a cinco milhões de metros cúbicos;
III – reservatório que contenha resíduos tóxicos ou potencialmente tóxicos;
IV – riscos, decorrentes de mau funcionamento da barragem ou de sua ruptura, inaceitáveis, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.
Cumpre observar que mesmo não estando enquadrada em um desses critérios, os empreendedores/órgãos fiscalizadores poderão, em função de peculiaridades do local e da barragem, incluí-la como prioritária.

Para clareza de comunicação cabe estabelecer as seguintes definições:

Barragem: qualquer obstrução em um curso permanente ou temporário de água, ou talvegue, para fins de retenção ou acumulação de substâncias líquidas ou misturas de líquidos e sólidos, compreendendo a estrutura do barramento, suas estruturas associadas e o reservatório formado pela acumulação. Diques para proteção contra enchentes e aterros-barragem de estradas também se incluem nessa definição.

Empreendedor: agente privado, paraestatal ou governamental, com título de propriedade das terras onde se localiza a barragem, ou que explore a barragem para benefício próprio ou da coletividade;

Segurança de Barragem: condição em que a ocorrência de ameaças impostas por uma barragem à vida, à saúde, à propriedade ou ao meio ambiente se mantém em níveis de risco aceitáveis;

Risco: probabilidade de ocorrência de evento adverso, geralmente associada com a magnitude de suas conseqüências;

Órgão Fiscalizador: autoridade do poder público responsável pelo ato administrativo de outorga de direito de uso dos recursos hídricos, de regime de aproveitamento de recursos minerais, de licenciamento ambiental, de autorização de uso de potencial hidráulico e de outras autorizações exigidas para a construção e operação da barragem, que deverá exigir do empreendedor o atendimento dos padrões necessários à segurança da obra.

Para a implantação de uma metodologia que permita a orientação de ações de curto, médio e longo prazos e que possua mecanismos que garantam a sua sustentabilidade, levando em conta os aspectos institucionais e legais, são propostas ações em 3 grupos. São elas:

a) Barragens de propriedade ou de responsabilidade do MI-Ministério da Integração Nacional;

b) Barragens de usos múltiplos em todo o território Nacional;

c) Apoio a medidas que permitam o estabelecimento de um arcabouço legal/institucional que garanta a continuidade de ações preventivas nos próximos anos

É importante observar que as ações nesses grupos estão sendo desenvolvidas simultaneamente.

A seguir descrevemos de forma sumaria em que consistem as ações em cada um desses grupos.

a) Barragens de propriedade ou de responsabilidade do MI: As obras deste grupo incluem as construídas pelo DNOCS, CODEVASF, DNOS e SUDENE, além das conveniadas pelo MI com Estados e Municípios. Para este grupo está havendo a participação direta de equipes do MI, DNOCS e CODEVASF.

Cumpre observar que já haviam levantamentos realizados pelo DNOCS e CODEVASF que estão sendo atualizados com informações após o período de chuvas.

b) Barragens de usos múltiplos em todo o território Nacional: As obras deste grupo incluem as barragens construídas para fins de acumulação de água (p.ex. abastecimento humano, irrigação, piscicultura, navegação, recreação etc.), ao aproveitamento de potenciais hidráulicos, à disposição final ou temporária de estéril e de rejeitos de

mineração e à acumulação de resíduos industriais líquidos. Diques para proteção contra enchentes e aterros-barragem de estradas também se incluem nessa definição.

As ações desse grupo estão sendo desenvolvidas pelas equipes designadas pelos órgãos fiscalizadores e pelos empreendedores nos Estados e Municípios. Para uniformização dos procedimentos o MI está disponibilizando especialistas para esclarecer dúvidas e treinar as equipes dos diversos empreendedores e órgãos fiscalizadores.

As atividades inicialmente previstas para esses dois grupos consistem de:

i) Designação e treinamento de equipes;

ii) Elaboração do diagnóstico das barragens;

iii) Preenchimento das fichas cadastrais;

iv) Elaboração dos projetos de recuperação;

v) Implantação das intervenções.

Cumpre observar que a agilidade no cumprimento dessas atividades será variável dependendo da capacidade operacional das entidades, Estados e empreendedores envolvidos.

Para que os empreendedores/órgãos fiscalizadores, Estados e Municípios forneçam todas as informações solicitadas, está sendo estruturada uma forma de vincular a liberação de recursos para manutenção/recuperação ao cumprimento das exigências.

Considerando o estado de abandono de muitas dessas obras, esse levantamento deverá implicar em uma demanda significativa de recursos para efetuar a manutenção/recuperação das barragens existentes. Assim, um apoio financeiro, inclusive a particulares, está sendo viabilizado pelo MI e suas vinculadas.

As informações coletadas nestes dois grupos estão alimentando o cadastro Nacional de Barragens (CNB). O CNB consiste de informações sobre as barragens existentes ou em construção que se enquadram nos critérios de priorização indicados anteriormente. Entretanto, as informações sobre obras fora dos critérios não fica prejudicada, podendo esses critérios serem objeto de reavaliação no futuro para inclusão de um maior universo de obras.

O CNB foi concebido como um banco de dados georeferenciado permitindo o cruzamento de informações de uso e ocupação de solo, cidades/localidades, estradas etc.

Considerando que a Agência Nacional de Águas (ANA) tem a responsabilidade legal, pela Lei 9984/2000, para implantar o Sistema Nacional de Informação de Recursos

Hídricos e já dispõe dos meios operacionais adequados para iniciar a implantação do banco de dados georeferenciado, o cadastro nacional de barragens ficará sob sua responsabilidade.

A ANA está obtendo a relação e localização de obras autorizadas ou de propriedade de órgãos federais, estaduais e municipais.

Considerando o baixo nível de conhecimento das obras existentes em alguns Estados, está sendo negociado pelo MI e ANA uma parceria com o INPE para efetuar levantamento expedito dos espelhos d'água. Esse levantamento consiste na interpretação de imagens de satélite, as mais recentes possíveis, de períodos após boas precipitações e com baixa cobertura de nuvens e permitirá a identificação de acumulações com espelhos d'água superior a 5 ha, que teriam suas coordenadas geográficas e UTM registradas. As informações obtidas serão, posteriormente submetidas à complementação, incluindo inspeções de campo. Este procedimento já tem sido adotado com sucesso por diversas entidades, permitindo um bom grau de precisão no diagnóstico das barragens.

A idéia inicial e de que para todas as barragens com espelho d'água superior a 25 ha (aproximadamente 5 milhões de m3), identificadas nas imagens, deverá ser solicitado o cadastro no CNB.

A ficha cadastral da barragem contém informações mínimas que permitem a identificação do seu risco potencial, o que será útil na etapa de priorização das intervenções. Consistem basicamente de informações das obras como o nome, a localização, usos atuais, o histórico, as características técnicas (e.g. altura do maciço, cidades a jusante/distância, tipo de material do maciço, dimensões etc.), tipo de material acumulado, a relação de projetos e desenhos existentes da obra, existência de manutenção rotineira, situação geral da obra e informações sobre o empreendedor.

Para as obras classificadas como prioritárias (categorias de risco médio e elevado) deverá ser exigido o preenchimento complemento do cadastro.

Para a elaboração do diagnóstico das barragens, que ainda não contam com uma metodologia de inspeção própria, o MI desenvolveu uma ficha de inspeção a qual permite a orientação do empreendedor para a verificação das condições de manutenção e segurança das barragens.

Para o preenchimento das fichas de inspeção os responsáveis pela obra deverão indicar profissionais que receberão treinamento específico, a fim de garantir um padrão mínimo de uniformidade das informações.

Com essas inspeções será possível identificar as intervenções emergenciais necessárias (e.g. regras operacionais dos dispositivos de descarga, obras emergenciais, alerta á Defesa Civil etc.).

Com base nessa inspeção também poderá ser elaborado um orçamento preliminar das intervenções emergenciais, em caráter de urgência, e as menos prementes, para etapas posteriores.

Alguns dados da ficha de inspeção, também são utilizados para o preenchimento das fichas de cadastro.

Para a transferência dos recursos far-se-á necessário elaborar um orçamento detalhado das intervenções selecionadas com base na disponibilidade.

c) Apoio a medidas que permitam o estabelecimento de um arcabouço legal/institucional que garanta a continuidade de ações preventivas nos próximos anos: Para este grupo foi sugerido o estabelecimento de um arcabouço legal/institucional consistente, com definição clara de responsabilidades, fontes de recursos, penalidades e sistema de informações a ser mantido e atualizado de forma continuada.
Considerando a complexidade legal de atribuições estabelecida pelo texto constitucional, assim como a descentralização de atividades inerente ao pacto federativo, está sendo analisado e aperfeiçoado o texto do PL 1181/2003, que em trâmite na Câmara dos Deputados.

3. SITUAÇÃO ATUAL

Hoje, o MI já dispõe dos manuais de preenchimento da ficha cadastral (Ministério da Integração Nacional, 2004) e da ficha de inspeção (Ministério da Integração Nacional, 2004), que podem ser encontrados em seu site (www.integracao.gov.br). Estes documentos resumem os esforços efetuados sobre a metodologia inicialmente proposta de cadastro de barragens, e sobre a metodologia proposta para a inspeção de barragens. Além desses manuais o MI disponibiliza o Manual de Segurança e Inspeção de Barragens (Ministério da Integração Nacional, 2002).

O MI também está efetuando treinamento de equipes nos estados, deixando-as aptas a realizar o preenchimento das fichas, bem como repassar o conhecimento para outros usuários. Já foram efetuados treinamentos abrangendo aproximadamente 300 técnicos de diversos Estados (AL, BA, CE, ES, MG, PB, PE, PI, SE, RN), Distrito Federal

e instituições, que estão aptos a propagar e a aplicar a metodologia proposta. A Defesa Civil dos Estados está sendo incluída no processo para o auxilio quanto aos treinamentos e a uma maior divulgação da Metodologia.

Em adição a estes procedimentos, o Ministro da Integração Nacional, Ciro Gomes, enviou ofício a todos os Governadores de Estado e do Distrito Federal, somado a ofício a todas as 5.562 prefeituras, para que eles iniciem o processo de cadastramento de suas barragens.

Ainda foram encaminhados ofícios para os Ministros de Minas Energia, dos Transportes, do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Agrário, solicitando informações sobre barramentos.

Decorridos aproximadamente 4 meses, foram encaminhadas respostas de cinco Estados (Bahia, Pernambuco, Minas Gerais, Ceará e Acre), e aproximadamente 170 prefeituras, resultando até o momento em 47 fichas de cadastro e 21 fichas de inspeção preenchidas. Este quantitativo foi considerado tímido, obrigando ao Ministério da Integração Nacional a reafirmar seu interesse no recebimento das informações solicitadas. Neste sentido, novos ofícios foram encaminhados aos Governos de Estado.

Encontra-se em fase de desenvolvimento e testes, um sistema informatizado para o preenchimento e envio das informações cadastrais. Enquanto isso, as informações obtidas já estão sendo encaminhadas para o banco de dados do CNB, localizado na ANA.

Recentemente realizou-se reunião com representantes do Ministério das Minas Energia, do Ministério dos Transportes, do Ministério do Desenvolvimento agrário, e representantes do Ministério da Integração, com o propósito de envolver esses órgãos na discussão e torná-los co-participes no processo, visto suas atuações como proprietários, fiscalizadores, reguladores ou disciplinadores de obras de barragens e por disporem de conhecimento técnico em seus campos de atuação e experiências particulares no que cabe ao controle de cadastramento de suas obras.

Nesta reunião criou-se um grupo de trabalho, com representantes dos órgãos envolvidos, para a unificação e acompanhamento do processo de cadastramento e o aperfeiçoamento do Projeto de Lei n° 1.181/03, que propõe uma política nacional para segurança de barragens e que se encontra em tramitação na Câmara dos Deputados. Para a formalização desse grupo de trabalho está sendo proposta uma Portaria Interministerial.

O objetivo principal do MI é estimular os proprietários e os órgãos fiscalizadores a trabalhar de forma proativa, evitando ao máximo a necessidade de ações corretivas.

Mesmo assim, o MI tem apoiado na maioria dos pedidos que lhe chegam, seja pelas ações da Defesa Civil, seja pelas ações de engenharia, como o caso exitoso da barragem Joana, em Pedro II – PI, onde a pronta ação do MI evitou a ruptura da obra, estimada em R$12 milhões, sem contar os danos sociais e ambientais.

O MI também está orientando os esforços para conscientizar os parlamentares da importância de alocar verbas para a manutenção e recuperação da infra-estrutura hídrica e não só para a construção de novas obras.

4. DESAFIOS E COMENTÁRIOS FINAIS

O grande número de barragens existentes no Brasil, algumas abandonadas há anos, outras construídas sem nenhum acompanhamento ou registro, muitas em propriedades particulares, dificultam o levantamento e o cadastramento dessas obras. Assim sendo, procura-se pela descentralização das ações até o nível municipal, com orientação da Defesa Civil de cada Estado para elaboração de um diagnóstico da situação da segurança de barragens em todo o Território Nacional.

Estima-se ser grande o número de barragens que estão necessitando de reparos em geral, todas elas precisando ser mantidas corretamente, contudo, sabe-se que reparos e manutenções exigem o aporte regular de recursos financeiros. Entende-se que novas barragens devem continuar sendo projetadas e construídas, pois são importantes para o desenvolvimento sustentável do país, mas é preciso garantir também recursos para a recuperação e manutenção das existentes.

Os trabalhos propostos devem ser considerados como um processo inicial de conscientização e concentração de esforços para que ao longo dos próximos anos tenhamos estabelecido uma sistemática e um arcabouço legal/institucional consistente e ágil, que permita um trabalho preventivo na manutenção da segurança das barragens no Brasil em níveis de risco aceitáveis.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MENESCAL,R.A; FIGUEIREDO,N.N.; FRANCO, S.R.; **A problemática das enchentes na região metropolitana de Fortaleza**. Artigo apresentado no XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Aracajú – SE, 2001.

____; MIRANDA, A.N.; **O plano de ações emergenciais na gestão dos recursos hídricos no Estado do Ceará** Artigo apresentado no XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza – CE, 2001.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de preenchimento da ficha de cadastro de barragens, 2004**. <http:// www.mi.gov.br>, acessado em julho/2004.

____. **Manual de preenchimento da ficha de inspeção de barragens, 2004**. <http:// www.mi.gov.br>, acessado em julho/2004.

____. **Manual de Segurança e Inspeção de barragens, 2004**. Internet: <http://www.mi.gov.br/publicacoes/index.asp>, acessado em julho/2004.

WWI – Worldwatch Institute / UMA – Universidade Livre da Mata Atlântica. **A atividade Humana agrava desastres naturais, 2001**. Internet: <http://www.wwiuma.org.br>, acessado em julho/2004.

O PLANEJAMENTO URBANO DA CIDADE DE BLUMENAU PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NAS ENCOSTAS DOS MORROS E ÁREAS DE RISCO

AMANDA CAROLINA MÁXIMO[1]
SONIA AFONSO[1]

[1]Pós-Graduação em Arquitetura – POSARQ
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
acmax2@hotmail.com, soniaa@arq.ufsc.br

MÁXIMO, A. C.; AFONSO, S. O planejamento urbano da cidade de Blumenau para habitação de interesse social nas encostas dos morros e áreas de risco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 943-957. (CD-ROM)

RESUMO
O processo de ocupação dos morros da cidade de Blumenau, no que se refere às ocupações irregulares e aos assentamentos clandestinos pela população de baixa renda, tem gerado situações de risco e áreas susceptíveis a deslizamentos de terra e enxurradas. Desde 1977, com as fortes chuvas que se abateram sobre a cidade, as primeiras preocupações já foram anunciadas. Foi o caso do Ribeirão da Velha, onde o processo de erosão já se considerava crítico. O presente artigo pretende discutir, frente a esta realidade, as ações de políticas públicas e as intervenções que têm sido feitas atualmente pela Prefeitura da cidade de Blumenau. Nesse sentido, estaremos verificando de que forma as administrações públicas estão agindo em relação às ocupações nas áreas de risco naturais, nas encostas de morros e fundos de vale, e como estas intervenções estão melhorando a qualidade de vida das comunidades.

ABSTRATC
The occupation hills process of the Blumenau city, in what refers to the irregular occupations and clandestine establishments of the population of low income, has been generating risk situations and liable areas to landslides and heavy rains. Since 1977, with the strong rains that fell on the city, the first concerns were already announced. It was the case of Ribeirão da Velha, where the erosion process was already considered critical. The present article intends to discuss, front this reality, the actions of public politics and the interventions that have been done by the City Hall of Blumenau. In that way, we will be verifying how public administrations are acting in relation to the occupations in natural risk areas, in hillsides and bottoms valley, and how these interventions are improving the quality of communities life.

1. INTRODUÇÃO

Desde o século passado, principalmente a partir da década de 70, a realidade da habitação no Brasil é caracterizada pela "crise habitacional", responsável pelo elevado índice de pessoas desabrigadas no país.

Neste momento, o crescimento acelerado da industrialização nas cidades e o bom funcionamento dos serviços públicos deram início ao processo migratório oriundo de outras regiões menos favorecidas. Caracterizava-se como o movimento das pessoas do campo para as cidades, em busca de melhores condições de vida, provocando um inchaço das grandes cidades brasileiras; já que não havia nenhum planejamento ou proposta para este tipo de situação. As baixas perspectivas de vida, a exploração e as condições desfavoráveis de trabalho das populações rurais, constituíram-se as principais causas do

êxodo rural. Segundo Singer[1], é importante lembrar que o problema deste movimento não se resume apenas em uma reorganização espacial da população que se adapta ao rearranjo espacial das atividades econômicas. Mas, também, resultante da essência que está impressa no processo de industrialização proveniente do sistema capitalista, onde os mecanismos de mercado orientam os fluxos dos investimentos à cidade e toda racionalidade do progresso técnico à indústria. O nível de investimentos em infra-estrutura não acompanhou o crescimento migratório neste período, resultando na ocupação desordenada de lugares geralmente periféricos das cidades e economicamente mais acessíveis para a população de baixa renda. Por serem locais menos valorizados e muitas vezes proibidos, de alto risco ou de preservação ambiental, as pessoas alojavam-se em sub-moradias, onde famílias inteiras dividiam pequenos cubículos insalubres provocando toda facilidade para a proliferação de doenças e epidemias, constituindo, assim, a "cidade informal".

Um estudo elaborado na periferia do Rio de Janeiro, por Maria Helena B. de Lima[2], aponta a Baixada Fluminense como principal ponto de expansão das áreas residenciais da classe trabalhadora.

> *"Nessa zona os chamados "loteamentos periféricos" se cristalizaram como uma alternativa para a população de baixa renda impedida de se fixar nas áreas melhor servidas de recursos urbanísticos."*

Estes loteamentos são tão pequenos e carentes de infra-estrutura e, também, tão distantes do centro e da cidade formal, geradora de empregos e recursos urbanísticos, que seus preços são determinados pelas condições da demanda, que não vê outra alternativa senão aceitar esta situação.

Ao longo das últimas décadas o problema foi agravado pela falta de uma política habitacional e urbana que ordenasse a ocupação do solo urbano, democratizando o acesso à terra e à cidade. Os sucessivos governos, infelizmente, sempre ignoraram o problema do déficit habitacional brasileiro, que perdura até hoje e que se alastrou por quase todo o território nacional. Aliando isso ao elevado índice de desemprego, não surgem possibilidades para a maioria da população obter a casa própria.

A preocupação do Estado Novo, a criação do Banco Nacional da Habitação – BNH, primeiramente com o controle centralizado em Brasília e, posteriormente, com sua estrutura fragilizada pelo insucesso de seu sistema de financiamento, não foram suficientes. Em Florianópolis tivemos grande participação em Cohabs e conjuntos

---

[1] SINGER, 1977: 33.

habitacionais, mas esta padronização e visão restritamente econômica da situação continuam até os dias de hoje, juntamente com políticas assistencialistas e isoladas.

É imprescindível levar em consideração a abrangência e multiplicidade dos fatores agregados à questão habitacional. Quando falamos de habitação social, a política é conseguir o melhor desempenho econômico e, conseqüentemente, o menor custo em qualquer projeto de intervenção. Por isso as ações públicas têm sido tão pouco eficazes, deixando de lado as questões ambientais, humanas, técnicas, simbólicas e sociais. Mascaró[3] coloca a questão da infra-estrutura, por exemplo, não apenas como um fragmento do espaço urbano, mas como este permanece intimamente relacionado com a sua concepção. Consegue comprovar como o desenho urbano na cidade, por combinação de enfoques e uma imagem global e sintética da cidade, pode influenciar nos custos, como nos casos das intervenções.

As primeiras intervenções que observamos em algumas cidades tentam sanar a questão da habitação com uma ação mais participativa da população e mais ampla do planejamento, visto o fechamento do BNH em 1986 e 10 anos sem qualquer investimento no setor que consolidou ainda mais o problema. Em São Paulo, com a mudança do governo no ano de 2001, a antiga estrutura que atuava apenas como interventora nas chamadas ”áreas de risco” da cidade deu lugar a uma gestão eficiente do problema. Junto à ação da Prefeitura e do Ministério Público, profissionais de várias áreas procuram, dentro de sub-prefeituras, identificar, mapear e planejar para fazer as intervenções necessárias. Segundo Fernando Rocha Nogueira[4], em cerca de um ano o programa da Prefeitura Municipal de São Paulo conseguiu afastar 1.700 famílias de áreas de risco e pretendem alcançar 3.400 em 3 anos de trabalho.

No Rio de Janeiro, a política habitacional da cidade, em implantação desde 1994, tem o grande objetivo de promover a integração urbanística e levar às áreas como as favelas e loteamentos clandestinos as mesmas matérias e elementos urbanos que circulam pela cidade formal. De acordo com a Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro e da Secretaria de Habitação[5] programas como o “favela-bairro”, o “programa bairrinho”, “grandes favelas”, “morar sem risco”, são todos voltados para os mesmos objetivos: tratar a moradia “como um item a ser articulado com uma série de medidas que visam, antes de tudo, responder às necessidades da vida urbana.

---

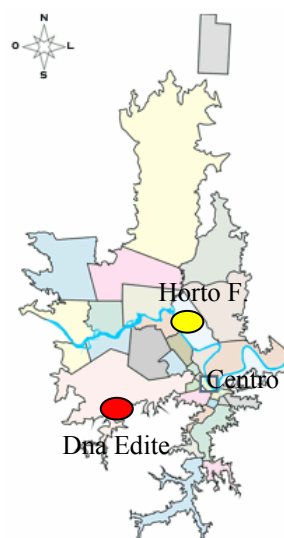
[2] LIMA, Maria Helena B., 1979: 70.
[3] MASCARÓ, Juan Luis, 1989: 15
[4] NOGUEIRA, Fernando R., 2003

A cidade de Blumenau, também inserida neste quadro de crise habitacional, ainda tem os seus problemas agravados pelas características físicas de topografia, de morros e vales muito freqüentes e acentuados, solo extremamente sedimentar e instável o clima úmido da região. Várias ocorrências de deslizamentos e enxurradas já ocorreram, provocando mortes e deixando muitos desabrigados, principalmente pelo conhecido rio Itajaí-Açu que já provocou duas famosas enchentes nos anos de 1983 e 1984.

2. METEODOLOGIA

Para a elaboração deste estudo foi feito um levantamento junto à Prefeitura Municipal de Blumenau com a finalidade de obter as informações necessárias para o entendimento das políticas públicas vigentes, obtenção de material técnico como plantas, mapas, relatórios, fotos e imagens, além de entrevistas com o corpo técnico disponível. Foram visitados os setores de Cadastro Técnico, Defesa Civil, Secretaria de Habitação e Instituto de Planejamento Urbano de Blumenau. Também, foram executadas visitas aos locais mencionados neste estudo, assim como a coleta de material em campo como fotos e outros dados importantes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO: A QUESTÃO HABITACIONAL EM BLUMENAU

Assim como várias cidades do Brasil, Blumenau também vivencia um inchaço habitacional, responsável por muitos problemas sociais, econômicos e políticos. Principalmente após 1880, quando a cidade foi reconhecida como Município pelo fato de ter ultrapassado os 14.000 habitantes. A cidade, ao longo dos anos, transformou-se num grande centro com muitas possibilidades de emprego, devido o grande número de indústrias existentes na região. O êxodo rural contribuiu significativamente para a constituição da população atual, especialmente os camponeses vindos das regiões do Paraná, Oeste do Estado e cidades satélites de

[5] PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO, 1999: 11

Blumenau. Os preços dos lotes e de uma habitação são mais baratos em locais de

Mapa Urbano Blumenau
Fonte: Secretaria Habitação de Blumenau

encostas de morros,áreas de preservação permanente e áreas de risco sendo, portanto, locais mais acessíveis à população de baixa renda. Os loteamentos clandestinos, favelas, loteamentos irregulares e de alto risco são conseqüências desse processo.

Após estudos realizados em parceria com a Universidade Regional de Blumenau, diagnosticou-se um déficit habitacional qualitativo na ordem de 4.000 moradias. Este déficit representa o número de famílias que residem em sub-habitações sem infra-estrutura e sem condições de habitabilidade: famílias de baixíssima renda que, apesar de contribuírem com seus serviços para a construção da cidade e da sociedade, são excluídas das mesmas e estão impossibilitadas de resolver seu problema de moradia dentro das atuais leis de mercado. Além deste déficit qualitativo, existe um déficit quantitativo de aproximadamente 6.000 moradias, totalizando um déficit de 10.000 moradias no município. Vale lembrar que, de acordo com os últimos dados do IBGE, Blumenau está com uma população de 261.868 habitantes, 241.987 na área urbana e 19.881 na área rural. Se contarmos 4 pessoas por moradia, este déficit de 10.000 representaria em torno de 15% da população do Município.

Até meados dos anos 90, a questão habitacional no município de Blumenau era tratada de forma individual, visando apenas o atendimento emergencial. Com a reforma administrativa do Governo Popular, a Superintendência de Habitação, anteriormente vinculada à Secretaria de Assistência Social, passou para a Secretaria Municipal de Planejamento, reorientando sua forma de atuação.

3.1 Habitação social e o planejamento urbano em Blumenau

Os projetos “Construindo Legal”, “Nossa Casa” e “Construindo Juntos” são programas que estão sendo desenvolvidos pela atual gestão administrativa da cidade de Blumenau.

O programa Construindo Legal visa executar assessoria técnica para a construção de moradias econômicas, com o objetivo de dar acesso à população de baixa renda aos serviços de engenharia e arquitetura, para construção de moradias econômicas, regularização de edificações residenciais existentes, e parcelamentos de solo de cunho familiar, fornecendo de forma simples e desburocratizada projetos e assessoria técnica através de convênio firmado entre o Município, Associação dos Engenheiros e Arquitetos do Médio Vale do Itajaí e Crea.

O programa Nossa Casa é um programa habitacional voltado ao atendimento isolado, isto é, visa atender famílias de baixa renda, que já possuam terreno legalizado,

Foto 1 – Construção Programa Nossa Casa

Foto 2 – Reconstrução Programa Nossa Casa

através de financiamentos para construção de moradias econômicas, bem como, financiar pequenas reformas e financiar obras de reconstrução de moradias atingidas por catástrofes, incêndios, ou acidentes de qualquer natureza. Ainda, os recursos usados pelo programa vêm do Fundo Municipal de Habitação. As ilustrações acima mostram duas casas: a primeira já está concluída e a segunda em fase de reconstrução em regime de mutirão, ambas com apoio do programa Nossa Casa.

Outro programa que a Prefeitura tem se baseado é o Construindo Juntos, um programa que objetiva produzir e incentivar a produção de unidades habitacionais em caráter associativo, firmando parcerias com agentes financeiros para captação de recursos: com universidades e entidades de ensino profissionalizante, para desenvolver tecnologias e métodos construtivos e reduzir os custos da construção; com a iniciativa privada e sociedade organizada em geral, para viabilizar a implantação dos projetos habitacionais dirigidos à população de baixa renda. As fotos abaixo mostram o Conjunto Habitacional Libertadores, o Conjunto Habitacional destinado a atender funcionários públicos municipais, implantado com recursos do FGTS financiados pela Caixa Econômica Federal

através de crédito associativo e uma Construção Convencional com fundações em sapatas e vigas de concreto armado e alvenaria em blocos cerâmicos, todos baseados no programa Construindo Juntos.

Foto 3 – Conjunto Habitacional Libertadores

Foto 4 – Conjunto Habitacional Funcionários Municipais

Foto 5 – Construção Convencional

3.2 Projeto cidade popular e a intervenção no morro da Vila Horto-Florestal

O projeto "Cidade Popular" é mais um dos programas que estão sendo desenvolvidos pela atual gestão administrativa da cidade de Blumenau. O programa visa executar a regularização fundiária e a recuperação de assentamentos humanos em áreas degradadas, com o objetivo de levar a cidade e seus serviços a estes assentamentos já consolidados e cadastrados, garantindo qualidade de vida e cidadania aos seus moradores. O projeto visa, também, a reordenação da ocupação com remanejamento e relocações de moradias localizadas em áreas de risco e/ou de preservação ambiental, execução de obras de melhorias habitacionais e implantação de obras de infra-estrutura.

A metodologia utilizada para a intervenção na Vila do Horto-Florestal (primeira área já finalizada) e que será seguida nas outras comunidades a serem beneficiadas, como é o caso do Morro Dona Edite, Vila Feliz, Morro da Pedreira e Morro do Arthur, foi estabelecida da seguinte forma[6]:

01- Congelamento da ocupação (numeração das moradias e cadastramento das famílias);

02 - Levantamento de dados: identificar as várias instituições a serem envolvidas;

03 - Cadastro da área e conjunto de planos e leis: levantamento topográfico detalhado;

04 - Pesquisa fundiária;

05 - Organização e envolvimento da comunidade;

06 - Estudos urbanísticos: jurídico/legal;

07 - Identificação das moradias que necessitam de relocação;

08 - Elaboração do projeto do sistema viário;

09 - Elaboração do projeto de parcelamento da terra;

10 - Relocação e remanejamento das moradias em área de risco ou que interfiram no projeto;

11 - Obras de urbanização;

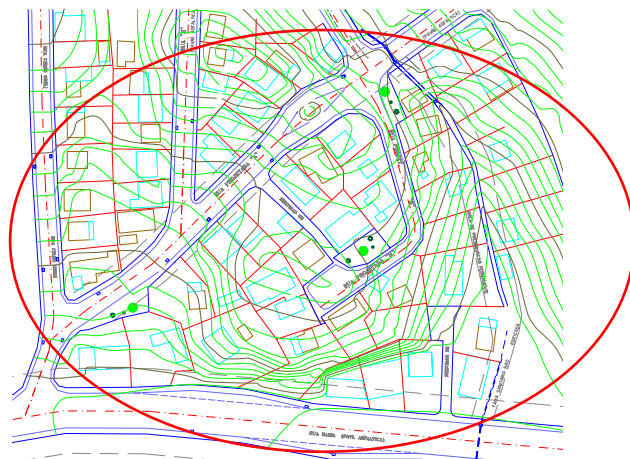
12 - Acompanhamento pós-ocupação;

---

[6] SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO DE BLUMENAU, 2003.

13 - Aprovação e regularização fundiária (titulação).

O mapa a seguir mostra uma ampliação da área com as ruas, curvas de nível e lotes antes da execução das obras de intervenção.

Foto 6 - Foto Aérea do Morro Horto - Florestal

Mapa 2 – Implantação Geral - Morro Horto Florestal

Segundo o atual superintendente da Secretaria de Habitação de Blumenau, José Renato Gonçalves[7], os recursos utilizados para a execução dos projetos vêm do Fundo Municipal de Habitação e Moradia e também de recursos próprios. A COHAB/SC, Companhia de Habitação do Estado de Santa Catarina, vem colaborando como Agente Promotor para o projeto "Cidade Popular" no programa Pró-Moradia das Prefeituras Municipais do Estado. Ainda, todas as empresas envolvidas no projeto do Horto foram envolvidas por sistema de licitação. Para os próximos projetos a Prefeitura está estudando como começar a trabalhar com um sistema de auto-gestão e autoconstrução. Por isso se faz necessário o total envolvimento das comunidades e associações de moradores juntamente com os técnicos, assistentes sociais, engenheiros e arquitetos ligados ao programa, disponíveis para promover as intervenções da melhor maneira.

Foto 7 - Horto em 1997

Foto 8 - Horto em 2000

Foto 9 - Horto em 1997

Foto 10 - Horto em 2000

As fotos acima mostram uma comparação do projeto em fase final, ano 2000, e como estava a situação dos moradores em uma das áreas do Horto antes das intervenções. É possível identificar as alterações nos sistemas elétrico, de drenagem e pavimentação.

Ainda foram alterados os sistemas de água e esgoto (este com coleta individual e tratamento coletivo para grandes proporções) assim como a execução de relocações e transferências de unidades em risco (no total de 70 famílias), neste caso, para a região de Vila Feliz, também na lista das próximas intervenções.

Gonçalves[8] afirma que o fato destes investimentos resgatarem a cidade informal, levando serviços e cidadania à população marginalizada, reduzem os custos de manutenção da cidade e ampliam a arrecadação. Uma vez que os serviços de manutenção das redes são de responsabilidade das empresas privadas, questões como a violência, o tráfico de drogas, a falta de higiene e saúde e, inclusive, as habitações em áreas de risco antes tão numerosas, são sensivelmente reduzidas. Com a regularização fundiária é possível, também, ter um maior controle do crescimento local e das arrecadações dos impostos.

Foto 11 - Horto em 1997 Foto 12 - Horto em 2000 Foto 13 - Horto em 1997 Foto 14 - Horto em 2000

As fotos acima ilustram as obras executadas em alguns locais do morro do Horto Florestal para a implantação de infra-estrutura. A Vila do Horto possui uma área total de 13,25 hectares e uma população de 1.232 moradores, o que resulta em uma densidade de 92,98.

Ao tratar de densidades urbanas e suas influências nos custos de urbanização, Mascaró[9] define que, nem as altas nem as baixas densidades são boas ou más por si sós, mas são inconvenientes quando inadequadas aos tipos de edificações implantadas. No caso de moradias individuais, como é o caso do Horto, o mais adequado é manter as baixas densidades para obter a boa qualidade de vida, principalmente por se tratar de uma área susceptível ao risco. A alta densidade pouco implica nos custos de urbanização pelo aumento na capacidade das redes. No gráfico abaixo podemos observar no que este aumento pode implicar, isto é, nos custos por unidade habitacional já que a tendência é de quanto menor a densidade, maior o gasto (em dólares) da urbanização, o

---

[7] JOSÉ RENATO NEVES GONÇALVES, Superintendente da Secretaria de Habitação da Prefeitura Municipal de Blumenau, em entrevista cedida à Amanda Carolina Máximo em Blumenau, maio 2003.
[8] Ibid.
[9] MASCARÓ, JUAN LUÍS, 1989: 153-161.

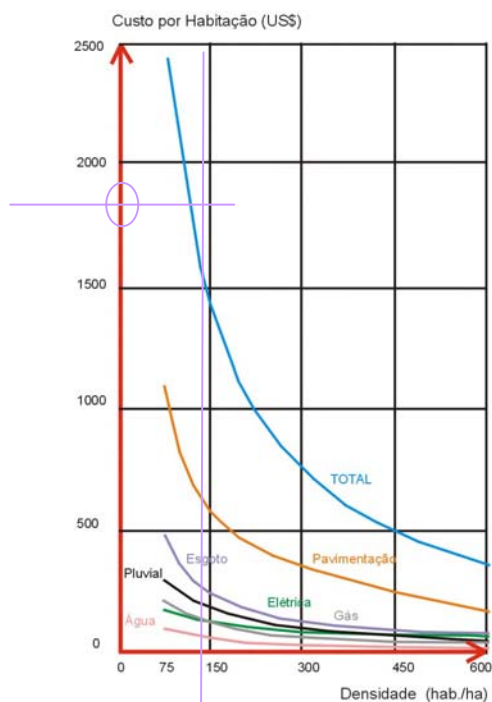



Gráfico 1 - Custo por família em dólares (janeiro de 1977) dos serviços urbanos em relação à densidade.

que, no caso do Horto, totalizou em torno de 1.900 US$/unidade. O custo total para o projeto do Horto era em torno de 700.000 reais, mas este valor extrapolou o que estava previsto. O projeto não atendia a realidade porque os técnicos não tinham feito um estudo geotécnico da área e descobriram, nos cortes das ruas e vias, muito lixo e material a ser obrigatoriamente retirado. Além do aumento dos custos com terraplenagem, foi necessário aumentar os custos com obras de contenção, visando a qualidade de vida da comunidade e não a economia com o projeto.[10]

3.3 Ocupação do morro dona edite: primeiras intervenções

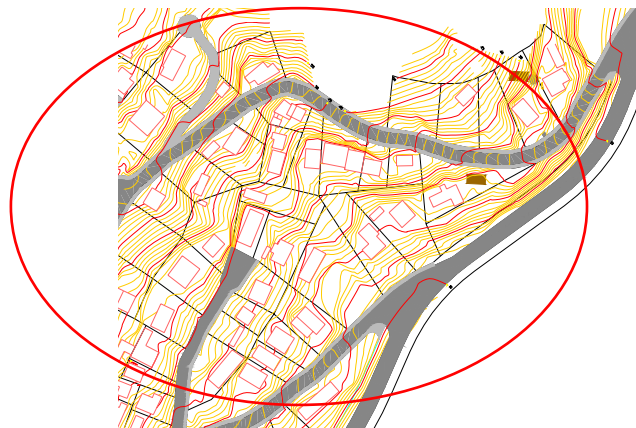
Foto 15 - Morro Dona Edite

O Morro Dona Edite é uma das mais antigas ocupações irregulares em Blumenau, com aproximadamente 40 anos de existência. A área compreende cerca de 201.681,39 metros quadrados. Está localizada no bairro da Velha e, atualmente, a comunidade se constitui por 340 famílias. As pessoas que ocupam esta área, em sua maioria, não são de Blumenau, mas principalmente do Estado do Paraná, das cidades satélites do município de Blumenau como Xaxim, Lages, Chapecó, Friburgo e também do Rio Grande do Sul.

Inseridos no contexto da cidade, estes dados confirmam o grande movimento migratório que ocorreu com a revolução industrial principalmente com o crescimento das indústrias têxteis e alimentícias. Pode-se observar nas seguintes ilustrações e na foto anterior a ocupação da área.

---

[10] Ibidem.

Foto 16 - Foto Aérea do Morro Dona Edite

Mapa 3 – Implantação Geral - Morro Dona Edite

A Defesa Civil do município elaborou um Relatório por Ruas das ocorrências relativas ao morro Dona Edite. Neste relatório encontramos casos de deslizamentos, árvores representando risco para residências, desabamentos, destelhamentos, quedas de muros, residências em risco iminente, deslizamentos com queda, pedras soltas e matacões e outras vistorias. Alguns deste casos podem ser vistos nas ilustrações seguintes.

Foto 17 - Morro Dona Edite.
Fonte: Arquivo Defesa Civil

Foto 18 - Morro Dona Edite.
Fonte: Arquivo Defesa Civil

A Prefeitura Municipal de Blumenau tem como objetivo, dentro do Projeto Cidade Popular, executar obras para implantação de vias com infra-estrutura completa (água potável, coleta e tratamento de esgoto, drenagem pluvial e rede de energia elétrica). Serão necessárias, também, a relocação de algumas residências e a execução de terraplenagem e muros de contenção. Pretende-se realizar um trabalho social intenso com a população, já que se trata de uma ocupação mais antiga. Este trabalho já foi iniciado, sendo que já foi realizado o levantamento sócio-econômico das famílias. Também já foram feitos os levantamentos físicos: planialtimétrico e cadastral com numeração e emplacamento das casas.

O morro Dona Edite possui uma área total de 18,49 hectares e uma população de, aproximadamente, 1360 moradores, o que resulta em uma densidade de 73,55. Aplicando este mesmo dado ao gráfico de Mascaró, observamos que a densidade da área é mais baixa ainda que a do Horto, resultando em custos de 2.500 US$/unidade e, portanto, mais elevados. No entanto, a pesquisa de campo realizada no morro recentemente, permite dizer que "a maioria pretende ficar definitivamente no local e alega que o principal motivo está na falta de condições dos moradores de se mudarem". [11] Outras pesquisas no morro Dona Edite estão sendo elaboradas pelo projeto Ser Cidade, recentemente organizado pela Universidade Regional de Blumenau e vinculado à Prefeitura de Blumenau.

3.4 Participação da Universidade Regional de Blumenau na comunidade

O projeto "Ser Cidade" é uma iniciativa da atual gestão administrativa Secretaria de Planejamento da Prefeitura de Blumenau em convênio com a FURB que visa resgatar a dignidade e a cidadania das famílias que moram em assentamentos desumanos e áreas de exclusão da cidade através de organização, participação, assessoria técnica e intervenções de melhoria urbana. O projeto objetiva, também, realizar o planejamento urbanístico e a gestão do processo de intervenção urbanística solidária e ambiental, resultando em última instância na melhoria completa do espaço de moradia e convivência daquela comunidade, inclusive com todos os serviços e equipamentos encontrados na chamada "cidade formal". Todo este processo tem sentido com a participação direta da comunidade, por isso são oferecidos: cursos de capacitação e debates sobre as características, os problemas e as demandas atuais; formas de organização popular.

O projeto se organiza em torno de cinco eixos de atuação, cada um pretendendo abordar a dimensão da realidade local e oferecer uma solução integral para o problema da moradia das comunidades participantes, que são: organização e participação popular; assessoria técnica; projeto global de urbanização; pequenas obras; regularização fundiária. A organização interna das equipes de trabalho é muito positiva. Para cada comunidade, estão disponíveis dois estudantes da Universidade e dois técnicos da Prefeitura que, junto aos membros da própria comunidade, formam um Conselho de Gestão Local. Vale lembrar que o processo de escolha dos integrantes é democrático e cada comunidade forma o seu Conselho.

Os critérios para a escolha das primeiras áreas a serem beneficiadas foram: o nível de organização local; a possibilidade destas áreas já serem controladas pela Secretaria de

---

[11] MÁXIMO,Amanda C.,1999: 52.

Habitação da Prefeitura; a quantidade de famílias a serem atendidas; a urgência na intervenção. Foram escolhidas cinco áreas, que são: Morro Dona Edite; Morro da Pedreira; Morro do Arthur; Morro da Garuva; Vila União.

4. CONCLUSÕES PRELIMINARES

A realidade da população de baixa renda que se encontra em áreas de morros e fundos de vale é bastante visível, apesar da conformação física da cidade de Blumenau não permitir sua noção como um todo. Esta, ainda, é uma de suas principais identidades, mas não é explorada de forma consciente e planejada. Ela funciona como um grande muro que esconde uma difícil e crescente realidade por mais de 40 anos.

As migrações internas e o êxodo rural , dado o descaso do setor público e governamental para este tipo de situação, continuam consolidando o problema. Constatou-se, em pesquisa de campo no morro Dona Edite, que a maior parte da população local é desempregada ou sub-empregada, trazendo como conseqüência baixa qualidade de vida das pessoas[12]. A especulação imobiliária e a falta de ações públicas nesse sentido também dificultam as ações.

O espaço urbano não pode ser analisado sem que se considere especificamente seus agentes criadores e modificadores. Desta forma, é evidente que para trabalhar em busca de soluções e um planejamento adequado, todos os setores da sociedade local devem estar envolvidos diretamente.

Nesse sentido, o projeto "Cidade Popular" da Prefeitura Municipal de Blumenau , que é o programa mais envolvido com a questão das áreas de encostas dos morros da cidade , apresenta-se como uma nova proposta de intervenção tendo em vista não só a integração com a população para as decisões e ações nos projetos, mas, também, estar mais aberto às novas soluções, tendo a interdisciplinaridade como metodologia. Ainda, está voltado à reordenação da ocupação com remanejamento e relocações de moradias localizadas em áreas de risco e/ou de preservação ambiental, buscando trazer a cidade formal às comunidades e, principalmente, cidadania.

Os programas "Construindo Legal", "Nossa Casa" e "Construindo Juntos", podem auxiliar muitas famílias com diferentes tipos de necessidades. Desta forma, aumentam as possibilidades para a solução dos problemas de moradia.

---

[12] Id.

As intervenções no Morro do Horto, apesar de terem atingido uma área pouco adensada, acarretaram aumento na arrecadação de impostos com a regularização fundiária. Além disso e, principalmente, diminuíram os gastos municipais com a manutenção de redes de infra-estrutura, com casos de deslizamentos das casas em risco e com ações emergenciais. Conseqüentemente, a região foi beneficiada com a diminuição da violência, do tráfico e com o alívio da degradação ambiental e da segregação social.

O projeto Ser Cidade, apesar de estar em fase embrionária, é uma iniciativa que vai beneficiar não só as comunidades locais mas, também, auxilia no aumento da capacidade e qualidade de atendimento destes casos dentro da Prefeitura Municipal. A parceria com a Universidade faz com que apareçam novas oportunidades de estágios, pesquisas, de envolvimento dos alunos, professores e das instituições administrativas com a realidade e com a ciência atual, aliando a teoria à prática.

Como pudemos notar, ainda existem falhas no planejamento e administração destas intervenções quando não se trata a questão da infra-estrutura de maneira mais integrada, respeitando a associação entre forma, função e estrutura. Esta interação tem influencia direta nos custos urbanos, uma vez que a manutenção é sempre necessária.

Podemos notar um crescimento na qualidade de vida da população, mas destacamos a importância da continuidade de um trabalho de avaliação pós-ocupação nessas áreas e, ainda, um trabalho para a prevenção e o controle das ocupações irregulares em áreas de preservação e de risco. Estas seriam ações indispensáveis para sustentar as políticas públicas vigentes.

Sentimos um esforço por parte da Prefeitura, mais especificamente por parte da Secretaria da Habitação apresentando novas políticas públicas e novas metodologias de trabalho mas, ainda, sente-se a falta de um setor que envolva realmente o planejamento urbano como um todo, ou seja, de uma Secretaria Municipal de Habitação e Desenvolvimento Urbano. Segundo Krambeck[13], seria uma forma de atuar em um campo mais complexo, que envolva aspectos, desde os sociais, políticos, econômicos, até psicológicos. Criando, assim, um eficiente instrumento para entender a cidade e sua sociedade.

[13] KRAMBECK, Christian. 2003:42.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONDUKI, Nabil Georges. **Origens da Habitação Social no Brasil: Arquitetura Moderna, Lei do Inquilinato e Difusão da Casa Própria.** São Paulo: Estação Liberdade: FAPESP, 1998.

COMPANHIA DE HABITAÇÃO DO ESTADO DE SANTA CATARINA – COHAB/SC. **Documentação Técnico Social: Projeto de Urbanização. Município de Blumenau/Horto Florestal** . Blumenau, sem data.

LIMA, Maria Helena Beozzo de. Em Busca da Casa Própria: Autoconstrução na periferia do Rio de Janeiro. In: VALLADARES, Lícia do Prado. **Habitação em Questão.** 2.ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1981. p.69-88.

MASCARÓ, Juan Luís. **Desenho Urbano e Custos de Urbanização.** 2.ed. D.C. Porto Alegre: Luzzato, 1989.

MÁXIMO, Amanda C.. **Processos e Sistemas Construtivos para Áreas de Risco em Blumenau SC.** Blumenau,2000. 90p. Relatório Final (Projeto de Pesquisa pelo Programa de Iniciação Científica – PIPe) Universidade Regional de Blumenau.

NOGUEIRA, Fernando Rocha. Em debate sobre o estudo **"Áreas de Risco: Metodologia e Critérios para intervenção"** realizado em São Paulo, Salão Nobre do Banco do Brasil, 16/04/2003.

RIO DE JANEIRO (Município). Prefeitura Municipal. **Cidade Inteira: a política habitacional do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 1999.

SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO DE BLUMENAU. Blumenau do Futuro: Programa Cidade Popular. Prefeitura Municipal de Blumenau, Blumenau: 2003. p. 75-85.

SINGER, Paul. **Economia Política da Urbanização.** 4.ed. São Paulo: Brasiliense, 1977.

ENTREVISTA

GONÇALVES, José Renato Neves. **Entrevista concedida pelo superintendente da Secretaria de Habitação da Prefeitura Municipal de Blumenau, Blumenau.** Blumenau, mai. 2003.

ENDEREÇO ELETRÔNICO

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perfil de Informações Municipais**.IBGE. Disponível em: http://www.ibge.gov.br Acesso em: 08.06.2003.